

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

**0 374 895
A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 89123579.8

(51) Int. Cl.⁵ **F25B 39/04, F28D 1/047,
F28F 1/38, F28F 9/18**

(22) Anmeldetag: 20.12.89

(30) Priorität: 22.12.88 DE 3843305

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.90 Patentblatt 90/26

(34) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES GB

(71) Anmelder: **THERMAL-WERKE Wärme-, Kälte-,
Klimatechnik GmbH**
Talhausstrasse 6 Postfach 16 80
D-6832 Hockenheim(DE)

(72) Erfinder: **Haussmann, Roland, Dipl.-Ing.**
Ruländer Weg 28
D-6908 Wiesloch(DE)

(74) Vertreter: **Dr. Elisabeth Jung Dr. Jürgen
Schirdewahn Dipl.-Ing. Claus Gernhardt**
P.O. Box 40 14 68 Clemensstrasse 30
D-8000 München 40(DE)

(54) Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage.

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage, bei dem das Kältemittel durch in mehrere Kanäle unterteilte Flachrohre (10) und im Kreuzstrom hierzu Umgebungsluft längs zickzack- oder wellenförmig gefalteter Lamellen (2a,2b) geführt sind, die jeweils zwischen zwei benachbarten Flachrohren wärmeleitend angeordnet sind, wobei mehrere Flachrohre in Form einer serpentinenförmig gebogenen Rohrschlange (1a,1b) zusammenhängen und zwei Rohrschlangen (1a,1b) vorgesehen sind. Nach der Erfindung ist vorgesehen, daß die zwei, oder drei, oder mehr bis maximal sechs Rohrschlangen (1a,1b,...) demselben Kältemittelkreislauf in Parallelschaltung angehören und ineinander verschachtelt angeordnet sind.

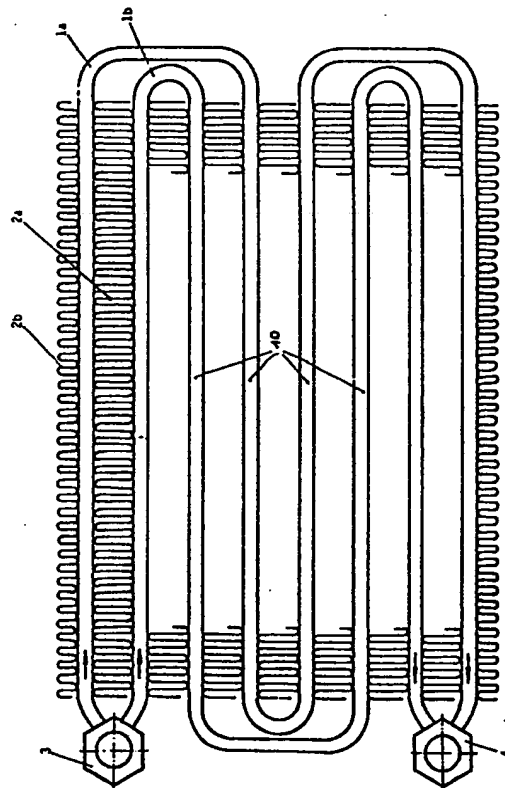


Fig.1

EP 0 374 895 A2

Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage

Die Erfindung bezieht sich auf einen Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage, bei dem das Kältemittel durch in mehrere Kanäle unterteilte Flachrohre und im Kreuzstrom hierzu Umgebungsluft längs zickzack- oder wellenförmig gefalteter Lamellen geführt sind, die jeweils zwischen zwei benachbarten Flachrohren wärmeleitend angeordnet sind (vgl. z.B. EP-A2 0 219 974, insbesondere Fig. 1 und 2, in gelöteter Ausführung). Derartige Verflüssiger sind als sogenannte "Flachrohrverflüssiger" bekannt.

Bei einem bekannten Flachrohrwärmetauscher, der insbesondere als Verdampfer genutzt werden soll, hängen schon mehrere Flachrohre in Form einer einzigen serpentinenförmig gebogenen Rohrschlange miteinander zusammen (GB-A 2 167 850).

Bei einer bekannten Konstruktionsweise eines Verflüssigers nach einem Prospekt der Firma Modine Manufacturing Co., 1500 De Koven Ave., Racine, Wi. 53401 USA, werden die zu einer serpentinenförmigen Rohrschlange gebogenen Flachrohre mit den zwischen ihnen eingeschachtelten Lamellen durch Lötung o.dgl. wärmeleitend verbunden. Diese Konstruktionsweise unterscheidet sich dabei von sogenannten Rohrlamellenverflüssigern, bei denen runde oder ovale Rohre, welche das Kältemittel führen, in sie verrippende Lamellenpakete aufgeweitet werden.

Die letztgenannten Rohrlamellenverflüssiger finden eine natürliche Begrenzung ihrer Bautiefe darin, daß zur Führung des Kältemittels und zur einwandfreien mechanischen Aufweitbarkeit ein Mindestaußendurchmesser der Rohre nicht unterschritten werden kann, der in der Praxis in der Größenordnung von 6 mm liegt. Auch die für den Wärmeübergang des Kältemittels an die Rohre maßgebliche Innenfläche der Rohre darf, bezogen auf eine vorgegebene Anströmfläche der Außenluft, einen vorgegebenen minimalen Wert nicht unterschreiten, z.B. 1,4 m² pro 1 m² Anströmfläche, da sonst der Temperaturabfall von Kältemittel an die Rohrrinnenwand im Verhältnis zu den übrigen Temperaturgradienten zu groß wird. Um diese minimale innere Oberfläche nicht zu unterschreiten, muß beispielsweise bei Konstanzhaltung des Rohrdurchmessers auch die Rohranzahl gleich bleiben. Dies führt jedoch beim Verkleinern der Bautiefe zu immer kleineren Rohrabständen und damit zu einer unzumutbaren Verstellung des freien Luftdurchtrittsquerschnitts durch den Verflüssiger. In der Praxis werden mit solchen Rohrlamellenverflüssigern nur Einbautiefen von minimal etwa 16 mm erreicht.

Trotzdem sind bisher Rundrohrlamellenverflüs-

siger mit Flachrohrverflüssigern hinsichtlich der Einbautiefe wettbewerbsfähig. Derartige Flachrohrverflüssiger werden im Regelfall mit einer einzigen serpentinenförmig gebogenen Rohrschlange in Flachrohrform gefertigt, wobei die Flachrohre zum Widerstehen gegen den hohen Innendruck eines Verflüssigers in mehrere Kanäle unterteilt sind, deren Zwischenwände das Innenrohr aussteifen und gegen den geforderten Berstdruck sichern. Übliche Betriebsdrücke sind dabei in der Größenordnung bis zu 30 bar, wobei Berstdrücke bis zu 130 bar als Sicherheitsgrenzen berücksichtigt werden müssen. Bei gleicher innerer Wärmeübertragungsfläche der Flachrohre ist die luftseitige Versperrung gegenüber einem Rundrohr wesentlich geringer, da die Flachrohre über die gesamte Bautiefe gehen und zudem innen berippt werden können, wodurch bei gleicher innerer Fläche die Breite des Flachrohrs reduziert werden kann. Diese mögliche Reduzierung der Rohrdicke RDa, die bei gleicher luftseitiger Versperrung zu wesentlich kleineren Rohrabständen führt, wurde bei den Flachrohrverflüssigern nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 nicht konsequent genug verfolgt, da nur eine sektionsweise übereinandergestellte Anordnung von einzelnen serpentinenförmig gebogenen Rohrschlangen bekannt war, so daß in der Praxis wegen der sonst schwierigen Verrohrung nur zwei Rohrschlangen übereinander angeordnet und parallelgeschaltet wurden. Aus Gründen des erforderlichen Mindestströmungsquerschnitts konnte somit die Rohrbreite nicht unter 5 mm reduziert werden. Bei gleichen Leistungsanforderungen wie bei einem Rundrohrlamellenverflüssiger sind daher Flachrohre mit einer Außenbreite von etwa 5 bis 7 mm zu verwenden. Derartige Flachrohre lassen sich jedoch mit der bisher üblichen Biegetechnik über einem sogenannten Biegestein nicht mit kleineren Biegeradien als etwa 10 mm biegen, so daß die an sich mögliche Leistungserhöhung durch größere Annäherung der benachbarten Flachrohre im Verflüssiger nicht realisiert werden kann. Dabei konnte bisher eine Bautiefe von etwa 20 mm nicht unterschritten werden.

Auf dem Markt sind auch bereits Sonderformen von Flachrohrwärmetauschern bekanntgeworden, bei denen in demselben Wärmetauscher zwei oder mehr Rohrschlangen angeordnet sind. Dabei ist es zum einen von auf dem Markt befindlichen Flachrohrverdampfern bekannt, zwei Rohrschlangen in Bautiefe des Verdampfers hintereinander mit derselben Lamellenverrippung anzuordnen und diese beiden Flachrohre im Kältemittelkreislauf parallelzuschalten. Dies gibt Vorteile in bezug auf die Verwendbarkeit von Flachrohren gleicher Dimensio-

nierung für unterschiedlich tiefe Verdampfer. Bei gleicher Bautiefe kann dabei jedoch nicht der kältereitseitige Strömungsquerschnitt vergrößert werden, sondern dieser wird eher kleiner, so daß sich die Bautiefe eher vergrößert gegenüber der Verwendung einer die ganze Bautiefe einnehmenden einzigen Rohrschlange. Es ist insbesondere auch aus dem schon erwähnten Prospekt der Firma Modine Manufacturing Co, insbesondere S. 6 mit Abbildungen, bekannt, bei einem Flachrohrverflüssiger verschiedene Sektionen des Anströmquerschnittes mit gesonderten einzelnen Rohrschlangen für verschiedene Kreisläufe von Wärmeübertragungsmedien zu verwenden, insbesondere für einen Kältemittelkreislauf einer Fahrzeugklimatisierungsanlage einerseits und als Kühler für Getriebeöl, Motoröl o.dgl. einer Ölversorgung des Kraftfahrzeuges andererseits. Dabei reduziert sich jedoch der jeweilige Anströmquerschnitt entsprechend, so daß bei gleichbleibenden Leistungsanforderungen speziell an das Kältemittel einer Fahrzeugklimatisierung eine größere Bautiefe des Kältemittelverflüssigers die Folge sein muß. Der Oberbegriff des Anspruchs 1 der Erfindung geht von dieser letztgenannten bekannten Bauweise eines Flachrohrverflüssigers mit Motorölkühlung aus, bei dem die beiden Rohrschlangen verschiedenen Kreisläufen, einerseits von Kältemittel und andererseits von Motor- oder Getriebeöl, angehören und im Wärmetauscher lediglich räumlich übereinander angeordnet sind.

Es ist an sich bekannt (DE-U 1 981 854), bei einem Verdampfer für Kühlschränke zwei Rohrschlangen aus Rundrohren unterschiedlicher Kreisläufe, nämlich eine Verdampferrohrrschlange und eine zusätzliche Heizschlange über metallische Wärmeleitkörper, insbesondere parallele Drähte, zu einem Kühlkörper zu kombinieren und dabei die beiden Rohrschlangen der verschiedenen Kreisläufe in enger Nachbarschaft zum Zwecke einer schnellen Abtauung der Verdampferrohrrschlange ineinanderzuschachteln. Dabei stellen sich bei diesem Rundrohrverdampfer nicht die Probleme einer möglichst geringen Bautiefe und eines geringen Anströmquerschnitts wie bei Flachrohrverflüssigern, auf die sich die Erfindung bezieht. Bei der Erfindung muß insbesondere das bei dem bekannten Rundrohrverdampfer gar nicht gegebene Problem gelöst werden, die Versperrung des Luftanströmquerschnitts durch die Schmalseiten von Flachrohren minimal zu halten.

Aus der US-A 1 958 226 ist ferner ein Verflüssiger mit mehreren durch Lamellen verrippten Flach- bzw. Ovalrohrreihen bekannt, dessen Rohre in gleichzahligen Gruppen durch beidseitig angeordnete, mit Zwischenwänden versehene Sammelkästen serpentinenförmig hintereinander verschaltet sind. Die Sammelkästen benötigten gesonderte Lotverbindungen mit den Rohren, was herstellungs-

aufwendig und störungsanfällig ist. Die Sammelkästen selbst sind flach mit Versteifungsverrippung ausgebildet; das ist materialintensiv und raumaufwendig. In Strömungsrichtung der Umgebungsluft folgen mehrere Flachrohre jeweils hintereinander, so daß zwischen den in Strömungsrichtung der Umgebungsluft hintereinander angeordneten Flachrohren Strömungstoträume entstehen, welche dort die Verrippungsfläche der Lamellen unzureichend durch die Umgebungsluft kühlend beaufschlagen.

Eine ähnliche serpentinenförmige gruppenweise Verschaltung von Rundrohren eines Verdampfers durch U-förmige Sammelrohre zeigt die DE-U 1 977 039, in der die Sammelrohre zugleich als syphonartige Ölsammelräume dienen.

In Strömungsrichtung von Umgebungsluft, nicht quer dazu, sind ferner bei dem verrippten Rundrohrverflüssiger der DE-B 1 072 257 parallele Rohrabschnitte von übereinander angeordneten Rohrgruppen als fortlaufende Rohrserpentinen zusammengefaßt; die Verschaltung ist dabei konventionell als Kreuzgegenstromschaltung von Kühlmittelstrom und Umgebungsluftstrom gewählt. Die übereinander angeordneten Rohrserpentinen sind dabei durch Sammelrohre parallelgeschaltet. Diese Anordnung ist ein Vorkühler des Kältemittels, der in Strömungsrichtung der Umgebungsluft hinter einem Nachkühler des Kältemittels angeordnet ist. Im Nachkühler ist dasselbe Kältemittel wie im Vorkühler durch eine geringere Anzahl von parallelen Rohrabschnitten als im Vorkühler geführt. Die parallelen Rohrabschnitte des Nachkühlers sind ebenfalls durch Sammelrohre parallelgeschaltet. Die Bautiefe einer solchen Rohrverschaltung ist infolge der in Strömungsrichtung der Umgebungsluft großen Anzahl von hintereinander folgenden Rohrabschnitten sehr groß.

Neuerdings stellt nun die Kraftfahrzeugindustrie die Forderung nach Bautiefen von Verflüssigern für Fahrzeugklimaanlagen unter 18 mm, um den eingesparten Raum bei gleichbleibender Fahrzeuglänge für den Einbau anderer Aggregate, z.B. langbauender Kraftfahrzeugmotoren, nutzbar zu machen oder einfach Einsparungen an notwendiger Fahrzeuglänge und Fahrzeuggewicht zu gewinnen. Dies ist von besonderer Bedeutung bei Hochleistungskraftfahrzeugen mit 12-Zylinder-Motoren oder allgemein bei solchen Kraftfahrzeugen, deren Motorraum mit moderner Technik überfüllt ist.

Diese Anforderung versucht ein Flachrohrverflüssiger ohne serpentinenförmige Rohrschlange gemäß der EP-A2 0 255 313 zu erfüllen, bei dem einzelne mit Lamellen verrippte Flachrohre im Anströmquerschnitt der Umgebungsluft nebeneinander angeordnet und gruppenweise durch runde Sammelrohre parallelgeschaltet sind. Hierbei wird das Biegen von Rohren zu einer serpentinenförmigen Rohrschlange vermieden, so daß die Rohre in

ihrem thermodynamisch optimalen kleineren relativen Abstand im Anströmquerschnitt angeordnet werden können. Dabei kann man darüber hinaus auch noch die äußere Breite der Flachrohre zwischen deren beiden Flachseiten kleiner wählen, da man den Verlust an Innenquerschnitt der einzelnen Flachrohre durch die gruppenweise Parallelschaltung nicht nur kompensieren, sondern sogar überkompensieren kann. Dadurch vermeidet man eine unerwünschte Versperrung des Durchtrittsquerschnittes der Umgebungsluft durch den Verflüssiger. Außerdem kann man durch Variation der gruppenweisen Zusammenschaltung dem Volumenverlust des durch den Verflüssiger geführten Kältemittels im Wege seiner Verflüssigung vom ursprünglich gasförmigen Zustand in dem am Ausgang gewünschten flüssigen Endzustand Rechnung tragen. Dabei erhält man bei dem angestrebten Optimum einer maximalen Wärmeübertragungsleistung Achsabstände der Flachrohre von etwa 11 mm und Bautiefen deutlich unter 16 mm, wobei für den Achsabstand benachbarter Flachrohre ein optimal angestrebter Bereich zwischen 6 und 12 mm angegeben ist.

Es trifft zwar zu, daß bei dem Flachrohrverflüssiger gemäß der genannten EP-A2 0 255 313 bei sonst gleichen Daten dieselbe Wärmeübertragungsleistung beispielsweise bei einer Bautiefe von 10 mm erreicht werden kann, die bisher nur mit Bautiefen von 16 mm und mehr erreichbar war. Dies wird jedoch bei der vorbekannten Anordnung dadurch erkauft, daß gemäß deren Lehre (vgl. deren offengelegten Hauptanspruch) so viele einzelne Flachrohre mittels der Sammelleitungen parallelgeschaltet werden sollen, daß der lichte Gesamtdurchflußquerschnitt groß und der Druckverlust klein ist. Das wiederum hat zur Folge, daß mindestens in den dem Eingang des Verflüssigers benachbarten Bereichen, wo das Volumen des Kältemittels noch sehr groß ist, sehr viele Flachrohre parallelgeschaltet werden, und zwar in den Ausführungsbeispielen acht Flachrohre. Auch in den nachfolgenden Gruppen wird die Zahl der Flachrohre nur jeweils um ein Flachrohr auf schließlich minimal vier Flachrohre in der am Ausgang des Verflüssigers angeordneten Gruppe gesenkt. Damit erhält man bei Durchströmung des ganzen Verflüssigers einen weitaus geringeren Durchströmungsweg mit größeren lichten Gesamtquerschnitten als bei den gattungsgemäßen konventionellen Flachrohrverflüssigern mit serpentinenförmigen Rohrschlangen. Dieser vorbekannte Flachrohrverflüssiger optimiert somit einerseits die abstrakte Wärmeübertragungsleistung durch engere Anordnung und geringere Breite der Flachrohre. Andererseits folgt aus dem angestrebten minimalen Druckverlust bei Durchgang des Kältemittels durch den Verflüssiger ein minimaler Temperaturabfall des den Verflüssiger

passierenden Kältemittels und führt damit zu einer vergleichsweise hohen Austrittstemperatur des Kältemittels aus dem Verflüssiger.

Nun kommt es aber bei der Bewertung eines Verflüssigers für das Kältemittel einer Kraftfahrzeugklimatisierung weder auf eine möglichst hohe formale Wärmeübertragungsleistung noch auf einen geringen Druckverlust bzw. eine relativ hohe Austrittstemperatur des Kältemittels aus dem Verflüssiger an, sondern alleine auf eine minimale Luftaustrittstemperatur aus dem Verdampfer und somit eine optimale Innenraumabkühlung des Kraftfahrzeugs. Diese wiederum wird nur erreicht, wenn die Austrittstemperatur des Kältemittels aus dem Verflüssiger so minimal wie möglich ist oder, anders ausgedrückt, so nahe wie möglich an die Temperatur der Umgebungsluft herankommt. Dieser Forderung steht die Zielsetzung der EP-A2 0 255 313, minimale Druckverluste und damit möglichst hohe Austrittstemperaturen des Kältemittels aus dem Verflüssiger zu erhalten, diametral entgegen. Trotz der theoretisch gewonnenen Verbesserung der Kondensatorleistung (bei Bautiefe 16 mm) um ca. 50 % ist es daher nicht verwunderlich, daß den Ausführungsbeispielen dieser EP-A2 0 255 313 entsprechende Ausführungsformen auf dem Markt bei der Messung ihrer Daten nur eine um etwa 1 °C bessere Innenraumabkühlung eines Kraftfahrzeuges im Vergleich mit herkömmlichen Verflüssigern der eingangs erörterten Bauarten zeigen.

Darüber hinaus enthält die Konzeption der EP-A2 0 255 313 auch noch konstruktive Nachteile im Vergleich mit den gattungsgemäßen bekannten Flachrohrverflüssigern mit einer serpentinenförmig gebogenen Rohrschlange in Flachrohrform. Während nämlich bei den bekannten gattungsgemäßen Flachrohrverflüssigern Lötverbindungen nur am Eingang und am Ausgang des Verflüssigers erforderlich sind, benötigt der Flachrohrverflüssiger nach der EP-A2 0 255 313 Lötverbindungen an allen Enden der einzelnen Flachrohre, also an einer mehr als eine Größenordnung höheren Anzahl von Lötverbindungsstellen. Dabei ist bei dem bekannten Flachrohrverflüssiger vorgesehen, daß das Lötmedium insbesonders innen in den Sammelrohren bereitgestellt wird. Bei den üblichen Lötverfahren mittels Flußmittel muß dann das Flußmittel nach dem Zusammenbau des Verflüssigers ausgewaschen werden, was nicht immer zuverlässig gelingt. Flußmittelreste erweisen sich jedoch als unerwünschte Störquellen im Kältemittelkreislauf. Außerdem wird der mögliche Gewinn an geringer Einbautiefe dadurch mindestens teilweise aufgehoben, daß die Sammelrohre für die erforderliche Druckstabilität kreisrunde Rohre sein sollen, die dabei weit über die Bautiefe der Flachrohre überstehen. Bei den erwähnten praktischen Ausführungsbeispielen beträgt dabei die Einbautiefe der

Sammelrohre etwa 25 mm bei nur etwa 10 mm Bautiefe der mit den Lamellen verrippten Flachrohre.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage anzugeben, welcher nicht nur der Bauart nach Einbautiefen von deutlich weniger als 16 mm erlaubt, sondern auch auf das Anfordernis möglichst niedriger Ausgangstemperaturen des Kältemittels aus dem Verflüssiger abgestellt ist und dabei mit einer relativ kleinen Anzahl von Lötstellen auskommt und schließlich so gestaltbar ist, daß die gewählte Einbautiefe über den gesamten Querschnitt des Verflüssigers eingehalten werden kann.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß ausgehend von den Merkmalen der bekannten Flachrohrverflüssiger gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 zusätzlich das kennzeichnende Merkmal von Anspruch 1 vorgesehen ist.

Dadurch, daß über den ganzen Verflüssiger nur zwei oder drei oder höchstens sechs serpentinenförmige Rohrschlangen zueinander parallelgeschaltet werden, ergibt sich in dem erfindungsgemäßen Verflüssiger von vornherein in erwünschter Weise eine höhere Druckdifferenz zwischen Eingang und Ausgang des Kältemittelkreislaufes im Verflüssiger und damit auch eine relative Erniedrigung der Austrittstemperatur des Kältemittels aus dem Verflüssiger im Vergleich mit dem Verflüssiger nach der EP-A2 0 255 313. Andererseits kann man aufgrund der Parallelschaltung der Rohrschlangen die Dicke der Flachrohre zwischen den beiden Breitseiten wegen des durch die Parallelschaltung gewonnenen relativ großen lichten Gesamtquerschnitts einzeln geringer wählen als bei dem gattungsgemäßen Stand der Technik und so aufgrund der besseren Verformbarkeit dünnerer Rohre beim Biegen bei gleicher luftseitiger Versperrung einen engeren Achsabstand benachbarter Flachrohre im Verflüssiger erhalten und die dadurch gewonnene Erhöhung der spezifischen Wärmeübertragungsleistung je nach den Anforderungen zur Erniedrigung der Bautiefe und/oder zur Erhöhung der gesamten Wärmeübertragungsleistung des Verflüssigers nutzbar machen. Durch die Weiterverwendung von zu serpentinenförmigen Rohrschlangen zusammengefaßten Flachrohren kommt man mit einer kleinen Zahl von Lötstellen in den erforderlichen Anschlußbereichen aus. Auch haben dann, wenn man Flachrohre konstanten Querschnitts verwendet, was der Regelfall ist, die Verbindungsbögen der Rohrschlangen keinen Überstand über die Bautiefe des Verflüssigers. Auch ist nicht unerheblich, daß der für den inneren Wärmeübergang nicht nutzbare Druckverlust bei den Umlenkungen bei der Verwendung von Sammelrohren größer ist als bei serpentinenförmigen Bögen. Der eingesparte kältemittelseitige Druckver-

lust wird beim Verflüssiger nach dem Anspruch 1 zur Verbesserung des Wärmeübergangs in dem berippten Rohrbereich durch eine höhere Kältemittelmassenstromdichte verwendet. Weiterhin kann es bei der Flachrohranordnung nach Anspruch 1 zu keiner Entmischung von gasförmigem und flüssigem Kältemittel kommen, wie dies z.B. in den Sammelrohren der EP-A2 0 255 313 bei mehr als vier Austritten der Fall ist.

Unter der Zielsetzung der EP-A2 0 255 313, zwischen Eingang und Ausgang des Verflüssigers einen minimalen Druckverlust zu haben, sieht diese Vorveröffentlichung in den Ausführungsbeispielen im Eingangsbereich des Verflüssigers acht und im Endbereich des Verflüssigers immer noch vier parallelgeschaltete Flachrohre vor. Die Erfindung sieht demgegenüber gemäß dem Kennzeichen von Anspruch 1 drei Alternativen vor, nämlich nur zwei oder drei parallelgeschaltete Rohrschlangen nach den ersten beiden Alternativen und auch nur drei bis maximal sechs Rohrschlangen nach der dritten Alternative.

Allgemein gesprochen erhöht sich die Zahl der parallelgeschalteten Rohrschlangen einerseits mit zunehmendem Kältemittelmassenstrom und andererseits mit abnehmender Bautiefe des Verflüssigers. Bei gleichem Kältemittelmassenstrom wie bei der EP-A2 0 255 313 kann man beispielsweise gemäß der ersten Alternative die minimale Bautiefe von gattungsgemäßen Verflüssigern mit serpentinenförmigen Rohrschlangen von bisher in der Praxis minimal 22 mm auf etwa 16 mm erniedrigen. Damit wird man bereits mit der ersten Alternative vergleichbar mit Rundrohrlamellen verflüssigen, ja sogar etwas besser als diese, deren in der Praxis sogar noch nicht einmal realisierte minimale Bautiefe auch bei etwa 16 mm liegt.

Mit der zweiten Alternative, nur drei Rohrschlangen parallel zu schalten, kann man dann schon bei dem erfindungsgemäßen Verflüssiger Bautiefen von etwa 10 mm erreichen, also eine vergleichbare Bautiefe wie bei der EP-A2 0 255 313. Die Leistungswerte und die Bautiefenerniedrigung lassen sich dann noch nach der dritten Alternative mit etwas größerem konstruktiven Aufwand steigern, wobei maximal sechs parallel geschaltete Rohrschlangen keine theoretische Obergrenze darstellen, sondern eine konstruktiv-praktische im Hinblick auf den dann immer größer werdenden Konstruktionsaufwand, wie Raumbedarf der verschiedenen Verbindungsbögen zwischen den Flachrohren. Es besteht dabei das Bestreben, bei vorgegebener Bautiefe mit einer minimalen Anzahl parallelgeschalteter Rohrschlangen auskommen zu können, schon um die Anzahl erforderlicher Lötstellen minimal zu halten.

Die Wärmeübertragungsleistung, oder genauer die Wärmedurchgangszahl, eines Flachrohrverflüs-

sigers steigt mit abnehmendem Rohrabstand mit Exponent 0,8 an. Dem wirkt entgegen, daß bei abnehmendem Rohrabstand und gleichbleibender Lamellenteilung die äußere Verrippungsfläche abnimmt. Optimale Rohrabstände liegen daher im Bereich zwischen 8 und 11 mm, wenn man allein auf optimale flächenspezifische Wärmeübertragungsleistung abstellt. Dieses Optimum kann man also bereits mit der erwähnten oben genannten zweiten Alternative des Hauptanspruchs erreichen. Legt man hingegen den Verflüssiger auf minimales Gewicht oder minimale Kosten bei gleicher Leistung aus, ergeben sich Rohrabstände im Bereich zwischen 16 und 18 mm, die man also sogar mit der ersten Alternative des Hauptanspruchs realisieren kann.

Andererseits hat man bisher nur Flachrohre verwendet, deren Dicke, zwischen ihren beiden Flachseiten gemessen, von 5 bis 7 mm beträgt; dann kann man mit der üblichen Biegetechnik über einem sog. Biegestein nur minimale Biegeradien von 10 bis 12 mm erreichen, also Achsabstände benachbarter Flachrohre der serpentinenförmigen Rohrschlange von 20 bis 24 mm. In der EP-A2 0 255 313 sind auch schon dünnere Flachrohre in Betracht gezogen, deren Breite, zwischen ihren beiden Flachseiten gemessen, wenigstens 2,5 mm beträgt. Bei einem Biegen derartiger Flachrohre über dem Biegestein kommt man auch nur zu Biegeradien von minimal etwa 7 mm. Nach der EP-A2 0 255 313 kann man trotzdem kleinere Rohrabstände verwirklichen, da dort nur einzelne Flachrohre verwendet werden. Es hat sich nun gezeigt, daß man im Rahmen der Erfindung auch bei zu serpentinenförmigen Rohrschlangen zusammengefaßten Flachrohren Achsabstände der Flachrohre in dem von der Wärmeübergangszahl her optimalen Bereich von 8 bis 11 mm erreichen kann oder allgemeiner Abstände, die unter dem minimalen Biegeradius der eingesetzten Flachrohre liegen (Anspruch 2).

Dies kann man ohne weiteres unter direkter Ausnutzung der Ineinanderschachtelung gemäß Anspruch 1 für solche benachbarten Flachrohre erreichen, die zu verschiedenen Rohrschlangen gehören. Dann kann man zwischen zwei benachbarten Flachrohren derselben Rohrschlange einen durch den minimalen Biegeradius bedingten größeren Achsabstand vorsehen als zwischen den benachbarten Flachrohren verschiedener ineinandergeschachtelter Rohrschlangen, wo der betreffende Verbindungsbogen eine größere Weite als der Achsabstand benachbarter Flachrohre hat und daher der minimale Biegeradius nicht voll ausgenutzt zu werden braucht. Unter Ausnutzung dieser Möglichkeit kann man Achsabstände bis in den genannten Bereich von 8 bis 11 mm wenigstens dort gewährleisten, wo die benachbarten Flachrohre

nicht zur selben serpentinenförmigen Rohrschlange gehören.

Nun hat man schon konventionell die außen liegenden Flachrohre eines Flachrohrverflüssigers außen mit Lamellen geringerer Breite als die Lamellen zwischen den Rohren berippt, so daß man schon konventionell zwei Lamellenarten unterschiedlicher Breite für denselben Verflüssiger bereitstellen muß. Dies kann man für die Erfindung dadurch nutzbar machen, daß man die Lamellen geringerer Breite auch zwischen den benachbarten Flachrohren anordnet, welche verschiedenen Rohrschlangen zugehören.

Aber auch zwischen benachbarten Flachrohren derselben Rohrschlange kann man den Achsabstand kleiner als den doppelten minimalen Biegeradius machen, in dem man gemäß Anspruch 4 unter Verwendung des minimalen oder eines ähnlichen Biegeradius einen über 180° hinausragenden Verbindungsteilkreis schafft.

Bei einem unverrippten Rundrohrverdampfer ist es an sich bekannt (FR-A 385 536), zwei benachbarte gerade Rohrschenkel desselben Rundrohrs durch einen Rohrbogen, der über einen Kreis von mehr als 180° geführt ist, so zu verbinden, daß der Abstand der Achsen der beiden Rohrschenkel kleiner als der doppelte Biegeradius des Rohrbogens ist.

Unter Kombination der beiden genannten Maßnahmen erhält man dann das wärmeleistungsmäßige Optimum nach Anspruch 5 und insbesondere die Möglichkeit, in dem genannten Achsabstandsbereich zwischen benachbarten Flachrohren von 8 bis 11 mm zu arbeiten.

Nach der EP-A2 0 255 313 ist es schon bekannt, die Anzahl von Flachrohren, die in parallelschalteten Flachrohrgruppen zusammengefaßt sind, sukzessive vom Eingang bis zum Ausgang des Verflüssigers zu reduzieren, und zwar insbesondere unter der dortigen Zielrichtung von acht Flachrohren auf vier Flachrohre. Der Sinn dieser Maßnahme besteht darin, den freien Gesamtströmungsquerschnitt für das Kältemittel längs des Verflüssigers allmählich zu reduzieren, um ihn an die Volumenveränderung des Kältemittels infolge Abreicherung des Gasanteils im Gasflüssigkeits-Gemisch des Kältemittels innerhalb des Verflüssigers anzupassen. Eine derartige Anpassung an das Volumen des Kältemittels bei dem erfindungsgemäßigen Verflüssiger sieht Anspruch 6 vor. Wegen der geringeren Zahl von Parallelschaltungen an Rohrschlangen im Vergleich mit den einzelnen Flachrohren der EP-A2 0 255 313 kommt man dabei auch mit einer kleineren Zahl von Abstufungen aus, die vorzugsweise, insbesondere im Falle der ersten oder zweiten Alternative, in einer einzigen letzten Rohrschlange enden können.

Besonders bevorzugt sind dabei folgenden Ab-

staffelungen:

a. Im Rahmen der ersten Alternative zwei Rohrschlangen im Eingangsbereich des Verflüssigers auf eine Rohrschlange im Ausgangsbereich.

b. In Verbindung der zweiten Alternative mit der ersten Alternative die Verwendung von drei parallelgeschalteten Rohrschlangen im Eingangsbereich mit nachfolgend zwei parallelgeschalteten Rohrschlangen, die entweder im Ausgangsbereich des Verflüssigers angeordnet sind oder ihrerseits noch von einer einzigen Rohrschlange im Ausgangsbereich gefolgt sein können.

c. Unter Verwendung aller drei Alternativen vier parallelgeschaltete Rohrschlangen im Eingangsbereich des Verflüssigers, anschließend drei parallelgeschaltete Rohrschlangen und schließlich im Ausgangsbereich des Verflüssigers zwei parallelgeschaltete Rohrschlangen.

Dabei ist es nicht erforderlich - wenn auch theoretisch möglich -. Gruppen einer bestimmten Anzahl von parallelgeschalteten Rohrschlangen längs des Verflüssigers zu wiederholen, da man bei dem erfindungsgemäßen Verflüssiger anders als bei den zusammengefaßten einzelnen Flachrohren der EP-A2 0 255 313 eine entsprechende Anpassung durch Wahl der entsprechenden Länge der Rohrschlange erhalten kann und dabei sogar mit einer minimalen Zahl von Lötstellen auskommt.

Aus der FR-A 1 431 920 (verrippter Flachrohrwärmetauscher zur Beheizung eines Fahrzeugs) sowie der US-A 4 118 944 (Bündelrohrverdampfer mit Rundrohren) ist es an sich bekannt, durch mit Zwischenstegen versehene Umlenkammern die Strömungsgeschwindigkeit durch verschiedene Anzahlen paralleler Flach- bzw. Rundrohre zu variieren.

Möglichkeiten der Feinabstimmung des örtlichen gesamten Strömungsquerschnittes sehen dann die Ansprüche 7 bis 10 vor, auch im Hinblick auf die später noch zu erörternde Lehre von Anspruch 26.

Auch der erfindungsgemäße Verflüssiger sieht Verbinder für das Kältemittel dort vor, wo im Eingangsbereich oder im Ausgangsbereich des Verflüssigers mehrere Rohrschlangen beginnen oder münden oder wo Gruppen von Rohrschlangen einer bestimmten Anzahl an Gruppen von Rohrschlangen einer anderen Anzahl oder gegebenenfalls an eine einzige Rohrschlange angeschlossen werden. In jedem Fall ist jedoch die Zahl der erforderlichen Lötstellen weitaus geringer als bei den Sammlern der EP-A2 0 255 313.

Im Kältemiteleintritt und Kältemittelaustritt kann man einfache Anschlußrohre mit einer entsprechenden Mehrzahl von Rohranschlüssen versehen. Hierauf ist Anspruch 13 bezogen. Die Ansprüche 11, 12 sowie 14 bis 17 befassen sich demgegenüber mit Rohrverbindern zwischen ver-

schiedenen Rohrschlangengruppen. Die Merkmale gemäß Anspruch 12 sind dahingehend optimiert, daß sich in dem betreffenden Rohrverbinder der Flüssiganteil und der Gasanteil des zugeführten Kältemittels möglichst gut mischen, um mit gleichem Anteilsverhältnis in die weiterführenden Rohrschlangen überführt werden zu können. Diese Bedingung ist bei den Sammlern der EP-A2 0 255 313 schon deshalb nicht erfüllt, weil die kreisrunden Sammler einen sehr großen Durchmesser haben, in die eine Vielzahl von Anschlußrohren hineinführt, in denen bereits das austretende Anteilsverhältnis von flüssigen und gasförmigen Anteilen unterschiedlich ist, die Flüssigkeit in den vertikal angeordneten Sammlern durch Schwerkraft zu den untersten weiterführenden Flachrohren absinkt, insbesondere auch als Film an der Rohrwand, und die Gasanteile vorzugsweise die Tendenz haben, die höher liegenden anschließenden Flachrohre zu betreffen. Bei den erfindungsgemäßen Rohrverbindern nach Anspruch 12 ist jedoch das Innenvolumen der Rohrverbinder klein und ebenso die Zahl der Anschlußrohre. Bei den angegebenen Bemessungsgrenzen kann man daher weitgehend von einer fehlenden Entmischung der flüssigen und gasförmigen Anteile des Kältemittels ausgehen. Gegebenenfalls kann man diesen gewollten Effekt noch durch andere geeignete Maßnahmen unterstützen, wie etwa durch Einbau von Schikanen, stufenweise Ausbildung der Innenwand des Rohrverbinders usw. (siehe auch Anspruch 19).

Die Ansprüche 14 bis 17 schließlich sind auf Konstruktionsweisen der Verbindung von Flachrohren und Rohrverbinder abgestellt, bei denen wenig oder keine Gefahr besteht, daß Flußmittel einer Lotverbindung in den Kältekreislauf gerät. Die Ansprüche 15 bis 17 befassen sich dabei mit Volumenverhältnissen, die auftreten, wenn an den Rohrverbinder zwei oder mehr weiterführende Rohrschlangen angeschlossen werden müssen. Sonst kann man das einzige weiterführende Flachrohr an den Rohrverbinder stirnseitig anschließen und mit entsprechend schmal bemessenen Innenräumen der Rohrverbinder auskommen.

Die Verwendung von Flachrohren, die in mehrere Kanäle unterteilt sind, ist üblich und wird bei der Erfindung bereits im Oberbegriff von Anspruch 1 vorausgesetzt. Diese Konstruktionsweise sichert die Flachrohre gegen den hohen Berstdruck des Kältemittels. Es ist auch üblich, die einzelnen Kanäle noch mit einer die Innenfläche vergrößernden Innenberippung zu versehen, wie beispielsweise an den beiden Flachseiten äquidistant zu den Stegen zwischen den Kanälen verlaufenden Längsrippen.

Anspruch 18 betrifft eine optimale Auswahl der Anzahl derartiger Kanäle im Hinblick auf einen optimalen Kompromiß zwischen hinreichender Berstsicherheit und großen freien Strömungsflächen für

das Kältemittel.

Die Ansprüche 20 bis 23 betreffen bevorzugte Dimensionsoptimierungen.

Bei gattungsgemäßen Verflüssigern ist es bereits üblich, die Lamellen mit jalousieförmigen Schlitzten zu versehen. Bisher ist es jedoch üblich, bei Flachrohrverflüssigern Jalousiestege mit einer Breite von 1,2 mm und mehr und bei Lamellenrohrverflüssigern von minimal 1 mm und mehr vorzusehen. Andererseits hat man die Anstellwinkel der Jalousiestege bisher auf maximal 30° begrenzt, um Strömungsschatten zu vermeiden. Es hat sich aber gezeigt, daß bei den Bemessungen nach Anspruch 24 die mittlere Grenzschichtdicke noch gegenüber den bekannten Jalousien verkleinert und damit die äußere Wärmeübergangszahl noch verbessert werden kann. Dies läßt sich besonders günstig bei den kleinen Achsabständen erfindungsgemäßer Flachrohrwärmetauscher nutzbar machen.

Wenn nach Anspruch 25 die Lamellen in den Bereichen des Kältemittelseintritts und des Kältemittelaustritts gegenüber der sonstigen Lamellenverrippung zurückgesetzt sind, nehmen diese Zurücksetzungen nur einen relativ kleinen Bereich der wirksamen Anströmfläche ein. Nach der EP-A2 0 255 313 sind demgegenüber die am Eingang und am Ausgang des Verflüssigers vorgesehenen Sammler relativ breit und lang und reduzieren somit den maximalen Anströmquerschnitt in einem deutlich größeren Ausmaß.

Anspruch 26 beschreibt ganz allgemein eine angestrebte Optimierungsbedingung des erfindungsgemäßen Verflüssigers. Diese Optimierungsbedingung wirkt sich auf alle Parameter des erfindungsgemäßen Verflüssigers aus, welche den freien Strömungsquerschnitt an einer bestimmten Stelle des Kältemittelkreislaufs im Verflüssiger bestimmen. Primär ist dabei die Wahl der Anzahl parallelgeschalteter Rohrschlangen. Einzelne sekundäre Maßnahmen sind oben im einzelnen behandelt.

Die EP-A2 0 255 313 strebt hier einen minimalen Druckverlust an, dem ein maximaler Strömungsquerschnitt entspricht, der lediglich im Hinblick auf das Flüssigkeits-Gas-Volumen modifiziert wird. Dabei erhält man zwar eine maximale wirksame Temperaturdifferenz zwischen dem Kältemittel und der außen anströmenden Umgebungsluft, jedoch keine maximale Wärmedurchgangszahl, so daß das für die Verflüssigerleistung maßgebliche Produkt aus wirksamer Temperaturdifferenz und Wärmedurchgangszahl weit unter dem maximal möglichen Wert liegt. Dadurch bedingt wird auch weder der minimal mögliche Eintrittsdruck des Kältemittels in den Verflüssiger noch wegen des geringen Druckverlustes im Verflüssiger der minimale Austrittsdruck des Kältemittels erreicht, welcher die Innenraumabkühlung im Kraftfahrzeug maßgebend bestimmt. Im Gegensatz dazu ist der erfindungsge-

mäße Flachrohrwärmetauscher mit serpentinenförmigen Rohrschlangen von vornherein auf einen relativ großen Druckverlust ausgelegt, wobei nach Anspruch 26 die Auslegung des Verflüssigers im besonderen so gewählt ist, daß sie im Bereich zwischen zwei Grenzen liegt, einschließlich der Grenzbereiche, bei denen entweder die Bedingungen am Eintritt oder am Austritt des Verflüssigers optimal sind. Die erste Grenze, bezogen auf den Eintritt des Kältemittels in den Verflüssiger, betrifft dabei maximale Verflüssigerleistung bzw. minimalen Eintrittsdruck des Kältemittels, während die zweite Grenze zwar keine maximale Verflüssigerleistung mehr ergibt, jedoch minimalen Austrittsdruck des Kältemittels aus dem Verflüssiger. Dabei sind durch die Dampfdruckkurve die in Anspruch 26 angesprochenen Werte des Minimums der Sättigungstemperatur des in den Verflüssiger eintretenden Kältemittels einerseits und der Austrittstemperatur des verflüssigten Kältemittels andererseits entsprechend zugeordnet.

Eine solche Optimierung gemäß Anspruch 26 wird zweckmäßig in einem Klimawindkanal, bezogen auf den ganzen Kältemittelkreislauf der Fahrzeugklimatisierungsanlage, unter Vornahme der angesprochenen Variationen (Anzahl parallelgeschalteter Rohrschlangen etc.) durchgeführt.

Die Erfindung läßt sich, wie üblich, mit horizontal verlaufenden Flachrohren der Rohrschlangen verwirklichen. Dies ist auch der normale Anwendungsbereich. Anspruch 27 ermöglicht aber auch noch eine Alternative mit vertikal angeordneten Flachrohren der Rohrschlangen, die insbesondere bei bestimmten Einbauverhältnissen im Kraftfahrzeug von Interesse ist. Bisher hat man derartige Fallstromanordnungen der Verflüssiger gescheut, um ein Pulsieren des Kältemittelstroms aufgrund periodischer Verstopfung durch Flüssiganteile des Kältemittels mit nachfolgendem Durchschlagen von Gasanteilen zu vermeiden. Besonders kritisch sind dabei Abscheidungen von Ölteilen des Kältemittels in den ersten unten liegenden Rohrbögen. Bei den relativ hohen Druckdifferenzen eines erfindungsgemäßen Verflüssigers entsteht jedoch eine so hohe Strömungsgeschwindigkeit des Kältemittels durch den Verflüssiger, daß die Strömungskräfte kontinuierlich auf sich partiell abscheidende Flüssigkeits- und insbesondere Ölteile so stark einwirken, daß diese sich nicht bis zur Verstopfungsgrenze ansammeln, sondern kontinuierlich mitgeführt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Es zeigen:

die Fig. 1 bis 6 Draufsichten in Anströmrichtung der Umgebungsluft auf sechs Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Verflüssigers, deren Numerierung der Figurennummer entspricht,

wobei in den Fig. 5 und 6 unter Fortlassung der Verrippung mittels Lamellen weiter schematisiert ist;

Fig. 7 eine Ausschnittszeichnung in derselben Ansicht wie in den Fig. 1 bis 6 bezüglich einer Modifizierungsmöglichkeit des Anschlußbereichs eines Verflüssigers, z.B. der Ausführungsformen nach den Fig. 1 bis 6;

Fig. 8 in derselben Ansichtsrichtung eine Ansicht eines Rohrverbinders zwischen zwei einmündenden und einer ausmündenden Rohrschlange, wie er in Fig. 4 eingesetzt ist;

die Fig. 8a, 8b und 8c alternative mögliche Verbindungsarten von Rohrverbinder und Rohrschlange im Querschnitt durch die Anschlußstelle;

Fig. 9 eine Ansicht wie in Fig. 8 eines Rohrverbinders mit drei einmündenden und zwei ausmündenden Rohrschlangen;

Fig. 9a einen Querschnitt wie in den Fig. 8a bis 8c eines Anschlusses einer stirnseitig einmündenden Rohrschlange an den Rohrverbinder gemäß Fig. 9;

Fig. 10 einen Querschnitt durch ein bevorzugtes Flachrohr mit Draufsicht längs des Flachrohres einer Lamelle;

Fig. 11 einen Querschnitt durch die Lamelle gemäß Fig. 10;

Fig. 12 in derselben Sichtrichtung wie in den Fig. 1 bis 6 eine Draufsicht auf einen Ausschnitt des Verflüssigers allein zur Definition von Bemessungsgrößen;

die Fig. 13 bis 15 Funktionsdiagramme, welche eine Optimierung des Rohrabstandes betreffen;

die Fig. 16 bis 19 Funktionsdiagramme, welche die Optimierung des mittleren oder lokalen freien Strömungsquerschnittes in bezug auf einen minimalen Druck des Kältemittels am Ausgang des Verflüssigers und damit eine optimale Innenraumklimatisierung eines Kraftfahrzeuges betreffen; und

Fig. 20 ein Kältemittelzustandsdiagramm, in welchem Kältemittelkreisläufe eingetragen sind, welche den anhand der Fig. 16 bis 19 diskutierten verschiedenen Möglichkeiten der Wahl freier Strömungsquerschnitte des Kältemittels entsprechen.

In den Ausführungsbeispielen sind die Rohrschlangen jeweils mit 1 bezeichnet, wobei unterschiedliche Rohrschlangen mit dem Zusatz a, b, c usw. unterschieden werden.

Die Lamellen sind jeweils mit 2 bezeichnet, wobei Lamellen unterschiedlicher Breite mit dem Zusatz a oder b kenntlich gemacht sind.

Am Kältemitteleingang des Verflüssigers sind jeweils ein Anschlußstück 3 und am Kältemittelausgang des Verflüssigers ein Anschlußstück 4 vorgesehen, welches mit den weiterführenden Rohrschlangen bzw. der oder den ausmündenden Rohrschlange(n) druckdicht verbunden sind.

Mit Pfeilen ist jeweils die Strömungsrichtung

des Kältemittels in den Rohrschlangen 1 kenntlich gemacht.

Wie durch die Darstellung der Lamellen 2 durch eine Zickzacklinie kenntlich gemacht ist, sind diese Lamellen in zickzackförmig gefalteten oder gewellten Paketen zwischen den von den Rohrschlangen jeweils gebildeten Flachrohren 10 angeordnet und mit diesen in üblicher Weise verlötet. Dabei wird üblicherweise die Lamelle 2 mit Lot beschichtet und das Flachrohr 10 unbeschichtet belassen. Die Verlötung erfolgt in einer Montageeinrichtung im verpreßten Zustand innerhalb eines Lötovens.

Bei den Ausführungsbeispielen sind die außen liegenden Flachrohre 10 mit Lamellen 2b kleinerer Lamellenbreite als die Lamellen 2a verrippt, welche zwischen benachbarten Flachrohren 10 angeordnet sind. Es werden nur diese beiden Lamellenbreiten verwendet.

In nicht dargestellter Weise kann an der äußeren Mantelfläche der Lamellen 2b auch noch ein Blech zum Schutze der Lamellen mit angelötet sein, was hier nicht dargestellt ist.

Sowohl die Flachrohre 1 als auch die Lamellen 2 bestehen zweckmäßig aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung. Die Flachrohre bestehen dabei zweckmäßig aus der Aluminiumknetlegierung AlMn1 nach DIN-Norm. Die Lamellen können aus demselben Material oder, wenn sie nach dem Löten aushärtbar sein sollen, zweckmäßig auch aus AlMgSi-Legierung bestehen. Als Lot wird zweckmäßig eine Aluminiumlegierung von AlSi7,5 bis AlSi10 verwendet, wobei die für derartige Legierungen üblichen Flußmittel Verwendung finden, wie beispielsweise chlorid- oder fluoridhaltige Flußmittel, im einfachsten Fall aufgeschwemmtes Kochsalz mit handelsüblichen Zusätzen.

Bei den Ausführungsformen 1 bis 3 sind jeweils zwei ineinander geschachtelte Rohrschlangen 1a und 1b verwendet, die vom Anschlußstück 3 am Einlaß des Verflüssigers bis zum Anschlußstück 4 am Auslaß des Verflüssigers für das Kältemittel durchlaufen.

Der Abstand der einzelnen Flachrohre 10 ist bei dem ersten Ausführungsbeispiel mindestens entsprechend dem mittleren Biegeradius der Rohrbögen benachbarter Flachrohre 10 derselben Rohrschlange gewählt. Dadurch ist auch die Breite der Lamellen 2b bestimmt. An Stelle der weniger breiten Lamellen 2b kann man dabei in nicht dargestellter Weise auch die Lamellen 2a verwenden, wenn man nur mit einer einzigen Lamellenbreite aus Gründen der Herstellungsvereinfachung arbeiten möchte.

Man erkennt bei dem Ineinanderschachtelungsbild der Fig. 1, daß hier benachbarte Flachrohre 10 teilweise von derselben Rohrschlange, teilweise von verschiedenen Rohrschlangen gebildet sind.

Dementsprechend sind hier jeweils zwei Flachrohre, die in derselben Rohrschlange direkt durch einen Rohrbogen miteinander verbunden sind, beidseitig von je einem weiteren Flachrohr einer anderen Rohrschlange umgeben, deren Verbindungsbogen den erstgenannten direkten Verbindungsbogen überbrückt. Die Überbrückung erfolgt zweckmäßig zur Raumeinsparung in enger Anordnung, jedoch zur Vermeidung von Vibrationsgeräuschen mit einem engen Abstand. Auch die überbrückenden Rohrbogen können mit dem minimalen Biegeradius gebogen werden; zur Verringerung von Druckverlusten in den kältetechnisch unwirksamen Rohrbögen empfiehlt sich in diesem Falle jedoch die Herstellung mit etwas größeren Biegeradien.

Die Anschlußstücke 3 und 4 haben außen Sechskantform, um sie beim Anschließen weiterführender Rohrleitungen des Kälte mittelkreislaufs in einem üblichen Sechskantschlüssel festhalten zu können. Im zweiten Ausführungsbeispiel ist die Anordnung des ersten Ausführungsbeispiels bei sonst gleichbleibender Ausbildung dadurch modifiziert, daß die Verbindungsbögen 12 benachbarter Rohrschlangen derart über mehr als 180° geführt sind, daß die beiden benachbarten Flachrohre 10 einen kleineren Achsabstand als den doppelten Biegeradius des Rohrbogens haben. Diese Maßnahme ist bei den jeweils überbrückenden Rohrbögen 14 nicht erforderlich. Bei dieser Anordnung kann man im nicht gezeigten Grenzfall auch die Lamellenbreite der Lamellen 2a gleich der der Lamellen 2b wählen und dabei die Lamellenbreite so bemessen wie die Lamellen 2b im ersten Ausführungsbeispiel. Mit anderen Worten, kann man hierdurch den Abstand der Flachrohre gegenüber der Ausführungsform gemäß Fig. 1 unter Unterschreiten des doppelten minimalen Biegeradius erheblich weiter annähern.

Im dritten Ausführungsbeispiel ist diese Annäherung ohne Sonderformen der Verbindungsbögen 12 wenigstens über einen Teilbereich des Verflüssigers dadurch gegeben, daß zwar solche benachbarten Flachrohre 10, welche derselben Rohrschlange 1 angehören, denselben Abstand wie beim ersten Ausführungsbeispiel haben, der Abstand jedoch zwischen solchen benachbarten Flachrohren, welche den beiden verschiedenen Rohrschlangen 1a und 1b zugehören, unter Ausnützung der weiteren Ausladung der überbrückenden Rohrbögen 14 enger gewählt wird; denn bei dem Biegen dieser überbrückenden Rohrbögen 14 ergeben sich keine Probleme aus dem minimalen Rohrbiegeradius. Man kann sogar, wie in den Fig. 1 bis 3 angedeutet, die überbrückenden Rohrbögen 14 teilweise noch geradlinig in ihren Scheitelbereichen gestalten.

In Fig. 3 sind die Lamellen, die zwischen benachbarten Flachrohren 10 unterschiedlicher Rohr-

schlangen 1a und 1b angeordnet sind, mit 2c bezeichnet. Herstellungsmäßig zweckmäßig ist es, die Lamellenbreite der Lamellen 2c gleich der Lamellenbreite 2b der Außenberippung zu wählen.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel sind Rohrschlangen 1a und 1b, welche im übrigen gemäß den vorhergehenden Ausführungsbeispielen gestaltet und angeordnet sein können, über einen Rohrverbinder 5 mit einer einzigen weiterführenden Rohrschlange 1c verbunden. Das dazugehörige Anschlußstück 4 weist hier dementsprechend nur eine Anschlußöffnung an eine Rohrschlange auf, während das Anschlußstück 3 wie in den Ausführungsbeispielen 1 bis 3 zwei Anschlußöffnungen hat.

Im fünften und sechsten Ausführungsbeispiel ist zunächst verdeutlicht, wie man mehr als zwei Rohrschlangen ineinanderschachteln kann. Wie in den vorhergehenden Fällen wird zum Verständnis des Begriffes Ineinanderschachtelung auch hier auf die zeichnerische Darstellung ausdrücklich Bezug genommen.

Im Falle des fünften Ausführungsbeispiels sind am Eingang des Verflüssigers vier Rohrschlangen parallelgeschaltet, die über einen Verbinder 5 an drei parallelgeschaltete weiterführende Rohrschlangen kommunizierend angeschlossen sind, welche wiederum durch einen weiteren Verbinder 5 an zwei bis zum Ausgang des Verflüssigers führenden Rohrschlangen kommunizierend angeschlossen sind. Das Anschlußstück 3 hat hier vier Ausgangsöffnungen, während das Anschlußstück 4 wie in den Ausführungsbeispielen 1 bis 3 zwei Anschlußöffnungen hat. Es werden im ganzen Rohrschlangen 1a bis 1i miteinander verschaltet, wobei die erste Gruppe die Rohrschlangen 1a bis 1d, die zweite Gruppe die Rohrschlangen 1e bis 1g und die letzte Gruppe die beiden Rohrschlangen 1h und 1i umfaßt.

Das sechste Ausführungsbeispiel entspricht in der Aufeinanderfolge von Rohrschlangen und in deren Anzahl dem fünften Ausführungsbeispiel.

Das fünfte und sechste Ausführungsbeispiel unterscheiden sich in der Art der Nebeneinanderschaltung der einzelnen Flachrohre 10 der Rohrschlangen.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel wird die Möglichkeit des dritten Ausführungsbeispiels konsequent genutzt, solche nebeneinander liegenden Flachrohre 10, die von verschiedenen Rohrschlangen stammen, eng nebeneinander anzuordnen und nur solche Flachrohre, die derselben Rohrschlange zugehören, mit Rohrbögen unter minimalem Biegeradius oder größerem Biegeradius nebeneinander anzuordnen. Man erkennt, daß bei einer hinreichenden Vervielfachung von parallelgeschalteten Rohrschlangen gemäß Fig. 5 bereits ein großer Teil der Anschlußfläche allein durch diese Maßnahme mit

engem Rohrabstand versehen werden kann.

In der sechsten Ausführungsform ist dann die Anordnung gemäß der fünften Ausführungsform noch im Sinne der zweiten Ausführungsform dort weitergebildet, wo Flachrohre 10 derselben Rohrschlange unmittelbar benachbart sind. Die dabei entstehenden, über 180° verlaufenden Verbindungsbögen 12 sind bei der sechsten Ausführungsform darüber hinaus noch in Erstreckungsrichtung der einzelnen Flachrohre 10 etwas zurückgesetzt. Dadurch erreicht man einen minimalen Überstand der überbrückenden Rohrbögen 14 über die mit Lamellen 2 verrippten Fläche des Verflüssigers. Etwas genauer gesagt, werden die Lamellen 2 im Bereich der Verbindungsbögen 12 nur bis in die Nähe des jeweiligen Nachbarrohres nur so weit zurückgesetzt, daß der seitlich auskragende Ansatz des vom Verbindungsbogen 12 gebildeten Teilkreises frei liegt, während man an den anderen Flachrohren die überbrückenden Rohrbögen mit minimalem Biegeradius anschließen kann und dort die Lamellenberippung bis an den Ansatz des halbkreisartigen Biegeradius herausführen kann. Anders ausgedrückt, sieht man die Lamellierung zweckmäßig an allen den Bereichen der Flachrohre 10 vor, die noch nicht in einen Verbindungsbogen 12 oder 14 übergehen. Diesen Sachverhalt kann man auch durch eine etwas weiter herausgeführte Lamellenberippung im Bereich der überbrückenden Rohrbögen 14 beschreiben.

In Fig. 7 ist anhand des Eingangsanschlusses 3 für das Kältemittel eine Anordnungsmöglichkeit beschrieben, die analog auch für das weiterführende Anschlußstück 4 Anwendung finden kann. Man erkennt, daß hier das Anschlußstück 3 gegenüber der sonstigen verrippten Fläche des Verflüssigers durch entsprechende Verkürzung der Enden der beiden Rohrschlangen 1a und 1b zurückgesetzt sind. Das Ausmaß der Zurücksetzung ist zweckmäßig im Sinne der zeichnerischen Darstellung so großzügig gewählt, daß Anschlußrohre und sonstige Anschlußelemente in dem zurückgesetzten Bereich Platz finden können, gegebenenfalls sogar Elemente des Kraftfahrzeugs in Randbereichen des Karosserieausschnittes, durch den die Umgebungsluft einströmt.

Bei allen Ausführungsbeispielen ist die Zeichnung so gewählt, daß die Flachrohre 10 horizontal verlaufen (Normalfall der Anwendung); man kann alle Zeichnungen aber auch so lesen, daß die Flachrohre 10 vertikal angeordnet sind.

Die Fig. 8 und 9 zeigen zwei mögliche Rohrverbinder, die sich in der Anzahl der angeschlossenen Rohrschlangen unterscheiden. Im Falle von Fig. 8 gehen hier zwei parallelgeschaltete Rohrschlangen 1a und 1b in eine einzige weiterführende Rohrschlange 1c über, während der Rohrverbinder nach Fig. 9 drei einmündende Rohrschlangen 1a

bis 1c und zwei weiterführende Rohrschlangen 1d und 1e besitzt. Analog können Rohrverbinder anderer Paarungen gestaltet sein.

Bei dem Rohrverbinder nach Fig. 8 kann gemäß den Querschnitten nach den Fig. 8a bis 8c in vorzugsweiser Bemessung der Innenquerschnitt der einen stirnseitig einmündenden Rohrschlange 1a gleich dem Innenquerschnitt des Rohrverbinders 5 selbst gewählt sein. Analoges gilt bezüglich der Innenquerschnitte des Rohrverbinders und der weiterführenden Rohrschlange 1c. In nicht dargestellter Weise hat dann auch die Rohrschlange 1b denselben Innenquerschnitt, der dann ohne Einschnürung seitlich in den Rohrverbinder 5 einmündet. Dies ist ein bevorzugter Grenzfall der in Frage kommenden Bemessungen zur Homogenisierung des Kältemittels bezüglich seiner beiden Anteile Flüssigkeit und Gasphase.

Bei allen drei Anordnungen nach den Fig. 8a bis 8c ist das Ende der Rohrschlange 1a mit Preßsitz in eine Stufe 16 im Rohrverbinder eingesetzt. Außerhalb dieses Preßsitzes ist zwischen dem Ende der Rohrschlange 1a und einer coaxialen Erweiterungsbohrung des Verbinders 5 ein Lötspalt 18 ausgebildet. Das Anwendung findende Lot kann gemäß den beiden Sonderbeispielen der Fig. 8b und 8c als Lotring bereits vormontiert sein, und zwar im Falle der Fig. 8b als auf das Ende der Rohrschlange 1a aufgesteckter Lotring, im Falle der Ausführungsform nach Fig. 8c als in den Verbinder eingelassener Lotring 6.

Bei dem Verbinder nach Fig. 9 ist demgegenüber die lichte Weite des den Verbinder bildenden Rohres größer als die lichte Weite der Flachrohre gewählt, und zwar etwa doppelt so groß wie die Dicke eines Flachrohres zwischen seinen Flachseiten RDa.

Es ist dabei zu beachten, daß alle Verbinder ebenso flachrohrartig gestaltet sind wie die Flachrohre.

Zur Anpassung der Rohrschlange 1a an den Verbinder 5 ist zwischen diesen beiden Elementen ein Deckel 7 zwischengeschaltet. Anders als bei der Ausführungsform nach Fig. 8 ist dabei das Ende der Rohrschlange 8a nicht direkt in den Verbinder, sondern in eine Stufe 20 innerhalb des Deckels mit Preßsitz eingesetzt.

Der Deckel 7 ist hier gegenüber den Rohrenden 22 des Verbinders 5 zurückgesetzt. In der Zurücksetzung ist ein scheibenförmiger Lotring 6 eingesetzt, der zur Außenverlötung sowohl des Deckels 7 gegenüber dem Verbinder 5 als auch zum Außenverlöten des Endes der Rohrschlange 1a im Deckel 7 dient.

Die lichten Weiten einerseits der Rohrschlange 1a und andererseits des Verbinders 5 in Breitenrichtung der Flachrohre, gemessen zwischen ihren Flachseiten, ist mit A₁ bzw. A₂ bezeichnet.

Bei allen geschilderten Ausführungsbeispielen werden vorzugsweise Flachrohre gemäß Fig. 10 und Lamellenprofilierungen gemäß Fig. 11 verwendet.

Die Flachrohre 10 sind durch Stege 24 in einzelne nebeneinander liegende Kanäle 8 unterteilt, vorzugsweise drei Kanäle 8 oder, wie dargestellt, vier Kanäle 8, die zweckmäßig jeweils etwa gleichen inneren Querschnitt haben, ohne daß dies eine zwingende Bedingung ist.

Die Schmalseiten des Flachrohres können in beliebiger druckfester Form ausgebildet sein und sind hier ohne Beschränkung der Allgemeinheit kreisbogenförmig dargestellt. Die Schmalseiten 26 enden dabei bereits über einem Teilbereich der halben Breitenstreckung der außen liegenden Kanäle.

Auf halber Länge zwischen den Schmalseiten 26 und den benachbarten Stegen 24 bzw. bei den innen liegenden Kanälen auf halbem Abstand zwischen den beiden kanalbegrenzenden Stegen 24 verlaufen an der Rückseite der Flachseiten 28 der Flachrohre 10 innere Rippen 9 zur Oberflächenvergrößerung.

Die Stege 24 halten die Flachseiten 28 der Flachrohre gegen den Berstdruck des Kältemittels.

Man erkennt, daß sich das Flachrohr 10 über die ganze Bautiefe BT des Verflüssigers erstreckt. Dasselbe gilt für die Lamellen 2. Die Dicke der Flachrohre, zwischen den Außenflächen ihrer beiden Flachseiten 28 gemessen, ist in Fig. 10 noch mit RD_a , die Wandstärke mit d und dementsprechend der lichte Abstand der Innenflächen der Flachseiten 28 mit $RD_i = RD_a - 2d$ bemessen.

In den Fig. 10 und 11 ist ferner ersichtlich, daß die Lamellen 2 mit jalousieförmigen Schlitzfenstern versehen sind, die parallel zu den Stegen 24 bzw. normal zu den Flachseiten 28 der Flachrohre 10 verlaufen und jalousieförmig angeordnet sind. Dabei haben die ausgestellten Jalousiestege 30 eine Breite SB von weniger als 1 mm, vorzugsweise von 0,7 bis 0,9 mm, und einen Anstellwinkel α von mehr als 30° , vorzugsweise 32° bis 36° .

Aus Fig. 12 sind ferner noch die Lamellenteilung LT, also die Wellenlänge der zickzack- oder wellenförmigen Lamellen bzw. der doppelte Abstand der Einzellamellen, sowie der Achsabstand RA benachbarter Flachrohre 10 sowie die lichte Weite zwischen den Außenflächen der Flachseiten benachbarter Flachrohre 10 mit der Bezeichnung LB zu entnehmen.

Gemäß Fig. 2 ist auch der tatsächliche Biegeradius von Verbindungsbögen 12, und analog der gekrümmten Bereiche überbrückender Rohrbögen 14, mit r bezeichnet, wobei r gleich dem minimalen Biegeradius oder auch größer sein kann.

In den Fig. 13 bis 15 sind die Optimierungskriterien für den Rohrabstand RA grafisch dargestellt.

In Fig. 13 ist die Wärmedurchgangszahl K über dem Achsabstand der Flachrohre RA doppellogarithmisch aufgetragen. Der dargestellte Anstieg der Wärmedurchgangszahl bei abnehmendem Achsabstand der Flachrohre RA resultiert einerseits aus dem Zuwachs an innerer kältemittelbenetzter Fläche und andererseits durch eine Steigerung des Rippenwirkungsgrades durch die kürzeren Wärmeleitwege sowie einer Steigerung der äußeren Wärmeübergangszahl durch zunehmende Versperrung der Querschnittsfläche durch den reduzierten Achsabstand RA.

Bedingt durch den min. Biegeradius bei Serpentinverflüssigern nach dem Stand der Technik mit Flachrohrdicken RD_a von 5 bis 7 mm konnte ein Achsabstand von ca. 21 mm bei Serpentinverflüssigern bisher nicht unterschritten werden. Gemäß Anspruch 1 kann durch Parallelschaltung und ineinanderschachtelung von bis zu 6 Rohrschlangen die Rohrdicke RD_a bei noch optimalem, nach Anspruch 26 festgelegtem Gesamtquerschnitt die Dicke der Flachrohre RD_a auf 3 bis 4 mm reduziert werden, so daß auch ein kleinerer Achsabstand der Flachrohre RA von ca. 16 mm möglich ist, so daß eine Steigerung in der Wärmedurchgangszahl K von ca. 20 % erreicht wird.

Eine weitere Reduzierung des Achsabstandes RD_a läßt sich durch spezielle in den Ansprüchen 2 bis 4 festgehaltenen Flachrohranordnungen oder durch Flachrohrverflüssiger mit beidseitigen Sammelrohren gemäß EP-OS 0 255 313 verwirklichen.

Obwohl bei den oben genannten Varianten eine Verkleinerung der Achsabstände RD_a auf weniger als 10 mm möglich wäre, ist es nicht sinnvoll, unter 10 mm zu gehen, da gemäß Fig. 14, in der der luftseitige Druckverlust Δp_L des Verflüssigers über dem Achsabstand aufgetragen ist, auch der luftseitige Druckverlust mit abnehmendem Achsabstand RA zunimmt und die im Kraftfahrzeug noch zulässigen Grenzwerte übersteigt.

Ein weiterer Grund, den Achsabstand der Flachrohre RA nicht zu eng zu wählen, ist in Fig. 15 dargestellt, in der die flächenspezifischen Wärmetauscherkosten sowie das flächenspezifische Gewicht über dem Rohrabstand aufgetragen sind. Bei einem hinsichtlich Preis und Gewicht optimierten Flachrohrverflüssiger muß gemäß Fig. 15 der Achsabstand RD_a zwischen 16 und 18 mm liegen.

In Fig. 16 ist der lichte Strömungsquerschnitt von allen in einer Stufe parallel geschalteten Rohrschlangen 1 über dem Strömungsweg des Kältemittels durch den Verflüssiger dargestellt. Der gestrichelte Kurvenzug zeigt den lichten Strömungsquerschnitt einer Rohrschlangenordnung gemäß Anspruch 6, die im Eintrittsbereich des Kältemittels eine Anordnung von drei parallelen Rohrschlangen 1, im mittleren eine solche von zwei parallelen Rohrschlangen und im Austrittsbereich lediglich

eine Rohrschlange vorsieht. Der durchgezogene Kurvenzug zeigt den lichten Querschnitt einer Ausführungsform eines Flachrohrverflüssigers gemäß EP-OS 0 255 313, bei der am Kältemiteleintritt acht Flachrohre und am Austritt vier Flachrohre parallel geschaltet sind. Zwischen dem Eintritts- und dem Austrittsbereich wird die Anzahl an parallelen Flachrohren stufenweise auf sieben, sechs und fünf reduziert. Der mittlere lichte Strömungsquerschnitt beträgt bei der Ausführungsform gemäß EP-OS 0 255 313 ca. 110 mm² und bei dem erfindungsgemäßen Verflüssiger ca. 60 mm².

In den Fig. 17 bis 19 sind Optimierungskriterien für den mittleren lichten Strömungsquerschnitt dargestellt. Der bei der Wahl verschiedener lichter Strömungsquerschnitte resultierende Verlauf des Kälteprozesses ist im Kältemittelzustandsdiagramm in Fig. 20 gezeigt.

Die Fig. 17 bis 20 werden nachfolgend anhand von Beispielen erläutert.

Wählt man eine Auslegung mit sehr großen lichten Strömungsquerschnitten, z.B. 120 mm², so ist der kältemittelseitige Druckverlust Δp_K , der in Fig. 17 über dem Strömungsquerschnitt qualitativ aufgetragen ist, ebenso wie der innere Wärmeübergangskoeffizient α_i , der auch in Fig. 17 aufgetragen ist, minimal.

Aus dem min. kältemittelseitigen Druckverlust Δp_K resultiert eine max. wirksame mit Δt_{\log} in Fig. 18 bezeichnete Temperaturdifferenz zwischen dem Kältemittel einerseits und der Umgebungsluft andererseits, da die Sättigungstemperatur im Verlauf des Strömungsweges des Kältemittels nicht abnimmt. Andererseits ist die Wärmedurchgangszahl (in Fig. 18 mit K bezeichnet) durch den minimalen inneren Wärmeübergangskoeffizienten klein.

Das für die Verflüssigerleistung entscheidende Produkt von Wärmedurchgangszahl mit der wirksamen Temperaturdifferenz, in Fig. 18 mit $K \cdot \Delta t_{\log}$ bezeichnet, erreicht daher bei 120 mm² lichten Strömungsquerschnitts nicht den maximalen Wert. Aus diesem Grunde wird in einem vorgegebenen Kältemittelkreislauf einer Fahrzeugklimaanlage bei konstanten Betriebsbedingungen auch nicht der minimale Eintrittsdruck, in Fig. 19 mit p_{KE} bezeichnet, erreicht, da aufgrund der kleineren Wärmedurchgangszahl K bei sonst konstanten Bedingungen (wie äußere Fläche, Umgebungstemperatur etc.) die Sättigungstemperatur des Kältemittels und damit auch der Sättigungsdruck p_{KE} höher sein muß als bei einer Auslegung mit höherer Wärmedurchgangszahl. Durch den geringen kältemittelseitigen Druckverlust wird zusätzlich eine für die Innenraumabkühlung des Kraftfahrzeugs erwünschte Absenkung des Kältemittelaustrittsdruckes, der in Fig. 19 mit p_{KA} bezeichnet ist, verhindert.

Der Kältemittelkreisprozeß, der sich bei einem Verflüssiger mit großen Strömungsquerschnitten,

z.B. von 120 mm², einstellt, ist im Kältemittelzustandsdiagramm in Fig. 20 dargestellt.

Fig. 20 zeigt die Grenzkurve für den flüssigen Zustand und die Grenzkurve für den gasförmigen Zustand, die im kritischen Punkt aufeinander treffen und auch mit "Sättigungslinien" bezeichnet werden können.

Der Zustand des Kältemittels wird in erster Linie durch den Kältemitteldruck p und die Enthalpie h beschrieben, die in Fig. 20 als Ordinate bzw. Abszisse aufgetragen sind.

Es stellen dar:

Punkt A : Eintritt in den Verdampfer

Punkt B : Austritt aus dem Verdampfer bzw.

Eintritt in den Verdichter

Punkt C : Austritt aus dem Verdichter bzw. Eintritt in den Verflüssiger

Punkt D : Austritt aus dem Verflüssiger bzw. Eintritt in das Drosselorgan des Kältemittelkreislaufs.

Der bei Verflüssigern mit 120 mm² lichten Strömungsquerschnitt sich einstellende Kreisprozeß ist in Fig. 20 mit A, B, C und D bezeichnet, wobei die Richtung des Kältemittelkreislaufs mit einem Pfeil gekennzeichnet ist.

Von den drei dargestellten Kältekreisläufen wird ein mittlerer Eintrittsdruck p_{KE} bei Punkt C erreicht, während der Austrittsdruck p_{KA} und damit auch die durch die Dampfdruckkurve zugeordnete Sättigungstemperatur im Punkt D weitaus am höchsten ist. Da die Unterkühlung des flüssigen Kältemittels auf Werte unterhalb der dem Druck entsprechenden Sättigungstemperatur bei allen Verflüssigerkonstruktionen, deren flüssiges Kältemittel ungehindert aus dem Verflüssiger abfließen kann, vergleichbare Werte einnimmt, ist auch die thermometrisch am Austritt des Verflüssigers gemessene, in Anspruch 20 genannte Kältemittelaustrittstemperatur vergleichsweise hoch. Da die Enthalpie h mit der Temperatur des flüssigen Kältemittels ansteigt, ist die Eintrittsenthalpie des Kältemittels in den Verdampfer in Punkt A ebenfalls am höchsten.

Aus diesem Grund steht im Verdampfer bei konstanter Überhitzung des aus dem Verdampfer austretenden Kältemittels (Punkt B) eine vergleichsweise geringe Enthalpiedifferenz Δh_0 zur Wärmeaufnahme zur Verfügung, so daß pro kg vom Verdichter umgewälzten Kältemittels weniger Wärme aufgenommen werden kann als bei den beiden anderen mit "bzw." bezeichneten Kältemittelkreisprozessen. Dies führt wiederum bei sonst konstanten Bedingungen zu einem vergleichsweise hohen Verdampfungsdruck (Punkt A und B) mit daraus resultierender höherer Luftaustrittstemperatur aus dem Verdampfer und schließlich vergleichsweise hoher Innenraumtemperatur.

Verkleinert man den lichten Strömungsquer-

schnitt auf den für den Verflüssiger optimalen und in den Fig. 18 und 19 mit AKI bezeichneten Wert von ca. 70 mm², so steigt zwar einerseits der kältemittelseitige Druckverlust Δp_k gemäß Fig. 17 an, wodurch die wirksame Temperaturdifferenz in Fig. 18 abfällt, andererseits nimmt der innere Wärmeübergangskoeffizient α_i und damit auch die Wärmedurchgangszahl K zu. Da gemäß Fig. 18 von 120 mm² Strömungsquerschnitt bis zum lichten Strömungsquerschnitt AKI die Zunahme der Wärmedurchgangszahl größer als die Abnahme der wirksamen Temperaturdifferenz ist, erreicht das für die Verflüssigerleistung entscheidende Produkt von wirksamer Temperaturdifferenz mit der Wärmedurchgangszahl ($K \cdot \Delta t_{\log}$) beim lichten Strömungsquerschnitt AKI gemäß Fig. 18 sein Maximum, welches wie schon erläutert gleichbedeutend ist mit dem Minimum des Verflüssigereintrittsdruckes p_{KE} gemäß Fig. 19. Der Austrittsdruck p_{KA} reduziert sich gegenüber dem Kältemittelverflüssiger mit 120 mm² lichter Strömungsfläche weiter durch den beim lichten Strömungsquerschnitt AKI gemäß Fig. 17 höheren Druckverlust.

Betrachtet man den zuletzt beschriebenen Kältemittelverflüssiger im gesamten Kältekreislauf gemäß Fig. 20, so erkennt man den minimalen Kältemiteleintrittsdruck p_{KE} in Punkt C' und den durch das Gefälle nach links dargestellten Druckverlust Δp_k des Verflüssigers mit der Folge, daß der Austrittsdruck p_{KA} und die Kältemittelaustrittstemperatur niedriger sind, wodurch die dem Verdampfer zur Verfügung stehende Enthalpiedifferenz Δh_0 größer als bei einem Verflüssiger mit 120 mm² Strömungsquerschnitt ist.

Wie schon erläutert, resultiert daraus eine vergleichsweise niedrigere Verdampfungs-, Luftaustritts- sowie Fahrzeuginnenraumtemperatur.

Eine darüber hinausgehende Absenkung des Verflüssigeraustrittsdruckes p_{KA} (in Fig. 19) läßt sich durch weitere Reduzierung des gesamten mittleren lichten Strömungsquerschnittes parallel geschalteter Rohrschlangen erreichen, wenn man denselben von AKI auf den mit AK2 in Fig. 18 und 19 bezeichneten lichten Strömungsquerschnitt reduziert.

Bei dieser Dimensionierung ist jedoch die von ($K \cdot \Delta t_{\log}$) bestimmte Verflüssigerleistung nicht mehr maximal, da die wirksame Temperaturdifferenz stärker abnimmt als die Wärmedurchgangszahl zunimmt, so daß auch der Eintrittsdruck p_{KE} ansteigt (siehe Punkt C' in Fig. 20).

Werden jedoch Verdichter mit "steiler Kennlinie", d.h. nahezu förderdruckunabhängigem Fördervolumenstrom, eingesetzt, so reduziert der höhere Kältemiteleintrittsdruck p_{KE} nicht den Kältemittelmassenstrom, so daß die aus der Kältemittelaustrittstemperatur aus dem Verflüssiger (Punkt D' in Fig. 20) resultierende maximale Enthalpiediffe-

renz Δh_0 des Kältemittels im Verdampfer zu einer weiteren Absenkung des Verdampfungsdruckes in Punkt A' und B' und damit zu der minimal möglichen Luftaustrittstemperatur aus dem Verdampfer sowie maximal möglichen Innenraumabkühlung führt.

Aufgrund der verschiedenen Kältemittelkreisläufe und insbesondere der verschiedenen Verdichterkennlinien muß im Fahrzeug der mittlere lichte Strömungsquerschnitt von parallel geschalteten Rohrschlangen des Verflüssigers zwischen den Werten AKI und AK2 gemäß Fig. 18 und 19 so variiert werden, daß eine maximale Innenraumabkühlung erreicht wird. Möglichkeiten zur Feinabstimmung des Strömungsquerschnitts sind im Hauptanspruch sowie in den Unteransprüchen 6, 7, 8 und 9 beschrieben.

20 Ansprüche

1. Verflüssiger für ein Kältemittel einer Fahrzeugklimaanlage, bei dem das Kältemittel durch in mehrere Kanäle (8) unterteilte Flachrohre (10) und im Kreuzstrom hierzu Umgebungsluft längs zickzack- oder wellenförmig gefalteter Lamellen (2) geführt sind, die jeweils zwischen zwei benachbarten Flachrohren wärmeleitend angeordnet sind, wobei mehrere Flachrohre in Form einer serpentin förmig gebogenen Rohrschlange (1) zusammenhängen und zwei Rohrschlangen (1a, 1b) vorgesehen sind,

dadurch gekennzeichnet,

daß die zwei, oder drei, oder mehr bis maximal sechs Rohrschlangen (1a, 1b, ...) demselben Kältemittelkreislauf in Parallelschaltung angehören und ineinander verschachtelt angeordnet sind.

2. Verflüssiger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Achsabstand (12A) von benachbarten Flachrohren (10) verschiedener ineinandergeschachtelter Rohrschlangen (1a, 1b...) kleiner ist als der Biegeradius (r) der Rohrschlangen.

3. Verflüssiger nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei benachbarten Flachrohren (10) derselben Rohrschlange (1a, 1b...) ein größerer Achsabstand (12A) vorgesehen ist als zwischen benachbarten Flachrohren (10) verschiedener ineinandergeschachtelter Rohrschlangen (1a, 1b...), wobei vorzugsweise die Lamellenbreite (LB) am kleineren Achsabstand (12A) gleich der Lamellenbreite (LB) einer Außenberippung (2b) von außen liegenden Flachrohren des Verflüssigers ist.

4. Verflüssiger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrbogen (12) zwischen zwei benachbarten Flachrohren (10) derselben Rohrschlange (1) derart über mehr als 180° geführt ist, daß die beiden benachbarten Flachrohre einen kleineren Achsabstand (RA) als den dop-

pelten Biegeradius (r) des Rohrbogens (12) haben.

5. Verflüssiger nach den Ansprüchen 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß alle Achsabstände (RA) benachbarter Flachrohre (10) gleich und kleiner als der minimale Biegeradius (r) der Flachrohre (10) sind, wobei vorzugsweise die Außenberippung (2b) von außen liegenden Flachrohren des Verflüssigers gleiche Lamellenbreite (LB) hat wie die Lamellenberippung (2a, 2c) zwischen benachbarten Flachrohren (10).

6. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß längs des Strömungsweges des Kältemittels im Verflüssiger die Zahl der parallelgeschalteten Rohrschlangen (1a, 1b,...) stufenweise reduziert und/oder in eine einzige letzte Rohrschlange überführt wird.

7. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Rohrschlangen (1a, 1b,...) mit unterschiedlichem Strömungsquerschnitt verwendet sind.

8. Verflüssiger nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Strömungsweg aufeinander folgende Rohrschlangen (1a, 1b,...) vorzugsweise einschließlich einer einzigen letzten Rohrschlange, unterschiedlichen Strömungsquerschnitt aufweisen.

9. Verflüssiger nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderung des Strömungsquerschnitts durch Variation der Wandstärken (d) und/oder der Innenberippung (9) bei gleichen Außenabmessungen der Flachrohre (10) erreicht ist.

10. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge und der Strömungsquerschnitt von parallelgeschalteten Rohrschlangen (1a, 1b,...) so abgestimmt sind, daß am Ende jeder Rohrschlange das gleiche Verhältnis von Gas- zu Flüssigkeitsanteil erreicht ist.

11. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 6 bis 10, gekennzeichnet durch mindestens einen Rohrverbinder (5) mit einer größeren Anzahl von Mündungen Kältemittel zuführender als Kältemittel abführender Rohrschlangen (1a, 1b,...).

12. Verflüssiger nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrverbinder (5) einen Kanal (Breite A2) für das Kältemittel bildet, dessen Innenquerschnitt minimal gleich der Summe der Innenquerschnitte der abführenden Rohrschlangen (n) und maximal gleich der Summe der Innenquerschnitte der zuführenden Rohrschlangen ist.

13. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch ein einziges Anschlußstück (3) am Kältemittelintritt mit Anschluß für die zwei, drei oder mehr parallel geschalteten Rohrschlangen sowie ein einziges Anschlußstück (4) für den Kältemittelaustritt.

14. Verflüssiger nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Rohrschlange (1a) mit Preßsitz in den

Rohrverbinder (5) und/oder das jeweilige Anschlußstück (3,4) eingesetzt und mit einem äußeren Lötspalt (18) versehen ist.

15. Verflüssiger mindestens nach den Ansprüchen 12 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß solche Rohrschlangen (1a, 1e), die in axialer Verlängerung des Kanals im Rohrverbinder (5) münden, in einen stirnseitigen Deckel (7) des Rohrverbinders (5) eingesetzt sind, der seinerseits von außen im Gehäuse des Rohrverbinders (5) eingelötet ist.

16. Verflüssiger nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Deckel (7) im Gehäuse des Rohrverbinders (5) eingepreßt ist.

17. Verflüssiger nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Deckel (7) mit dem Gehäuse der Rohrverbindung (5) und die Rohrschlange (1a, 1e) mit dem Deckel (7) gemeinsam von außen verlötet sind.

18. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Flachrohr (10) drei oder vier Kanäle (8) aufweist, die vorzugsweise eine Innenberippung (9) aufweisen.

19. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrverbinder (5) so ausgebildet ist, daß die Kältemittelströme aus den einzelnen Kanälen (8) der einmündenden Flachrohre (10) so vermischt werden, daß die vor Eintritt in den Rohrverbinder vorhandenen unterschiedlichen Gasanteile sich vor Eintritt in die Kanäle der austretenden Flachrohre oder des einen austretenden Flachrohres ausgleichen.

20. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bautiefe (BT) des Verflüssigers von 10 bis 16 mm beträgt.

21. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Biegeradius (r) der Flachrohre (10) in der Rohrschlange (1) 7 bis 8 mm beträgt.

22. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (RDa) der Flachrohre (10), zwischen ihren beiden Flachseiten (28) gemessen, von 3 bis 4 mm beträgt.

23. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke (d) der Flachrohre (10) höchstens 0,6 mm und die der Stege (24) zwischen den Kanälen (8) im Flachrohr (10) höchstens 0,5 mm beträgt.

24. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen (2) jalousieförmige Schlitzte aufweisen, bei denen die ausgestellten Jalousiestege (9) eine Breite (SB) von weniger als 1 mm, vorzugsweise von 0,7 bis 0,9 mm, haben mit einem Anstellwinkel α von mehr als 30°, vorzugsweise 32° bis 36°.

25. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen (2) in den Bereichen des Kältemittelintritts (3) und

des Kältemittelaustritts (4) gegenüber der sonstigen Lamellenberippung (2) zurückgesetzt sind und daß die Anschlüsse des Verflüssigers an den Kältemittelkreislauf innerhalb der Zurücksetzungen angeordnet sind.

5

26. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß bei vorgegebenem Bauvolumen des Verflüssigers, vorgegebenem Achsabstand (RA) und vorgegebener Ausbildung und Anordnung der Flachrohre (10) und vorgegebener Ausbildung und Anordnung der Lamellen (2) der freie Strömungsquerschnitt durch Wahl der Anzahl der in Gruppen parallel geschalteten Rohrschlangen (1a,1b...),bis gegebenenfalls zu einer im Ausgangsbereich des Verflüssigers angeordneten einzelnen Rohrschlange, längs des Strömungsweges des Kältemittels durch den Verflüssiger so an den Kältemittelkreislauf der Fahrzeugklimaanlage angepaßt ist, daß die Austrittstemperatur des verflüssigten Kältemittels im Bereich von deren Minimum bis zum Minimum der Sättigungstemperatur des in den Verflüssiger eintretenden Kältemittels liegt.

10

15

20

27. Verflüssiger nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre (10) vertikal angeordnet sind.

25

30

35

40

45

50

55

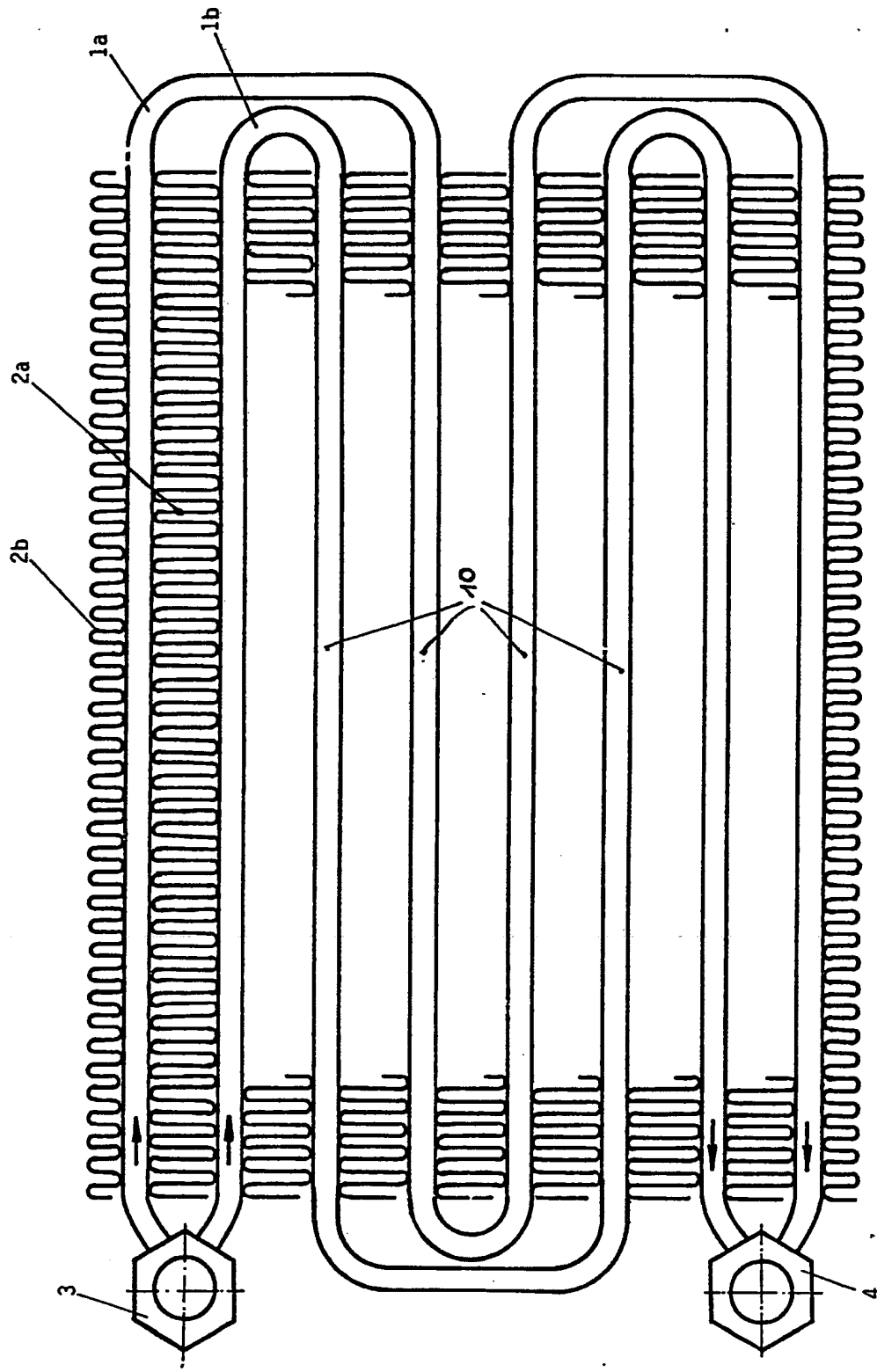


Fig.1

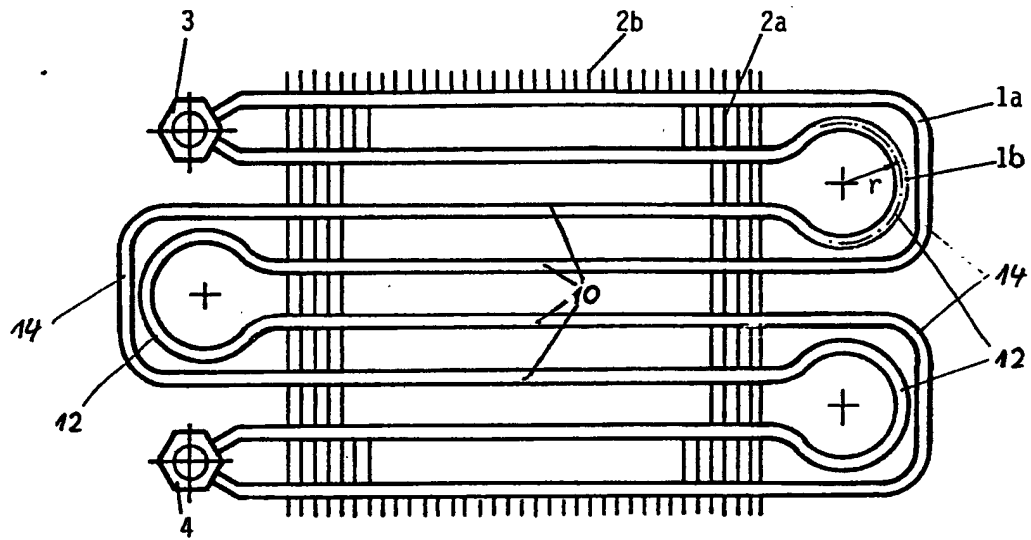


Fig. 2

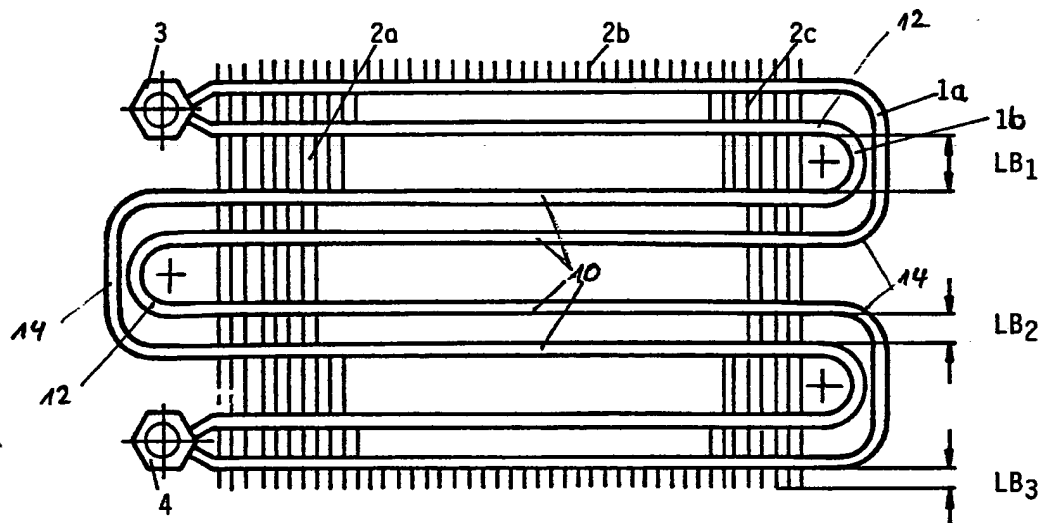


Fig. 3

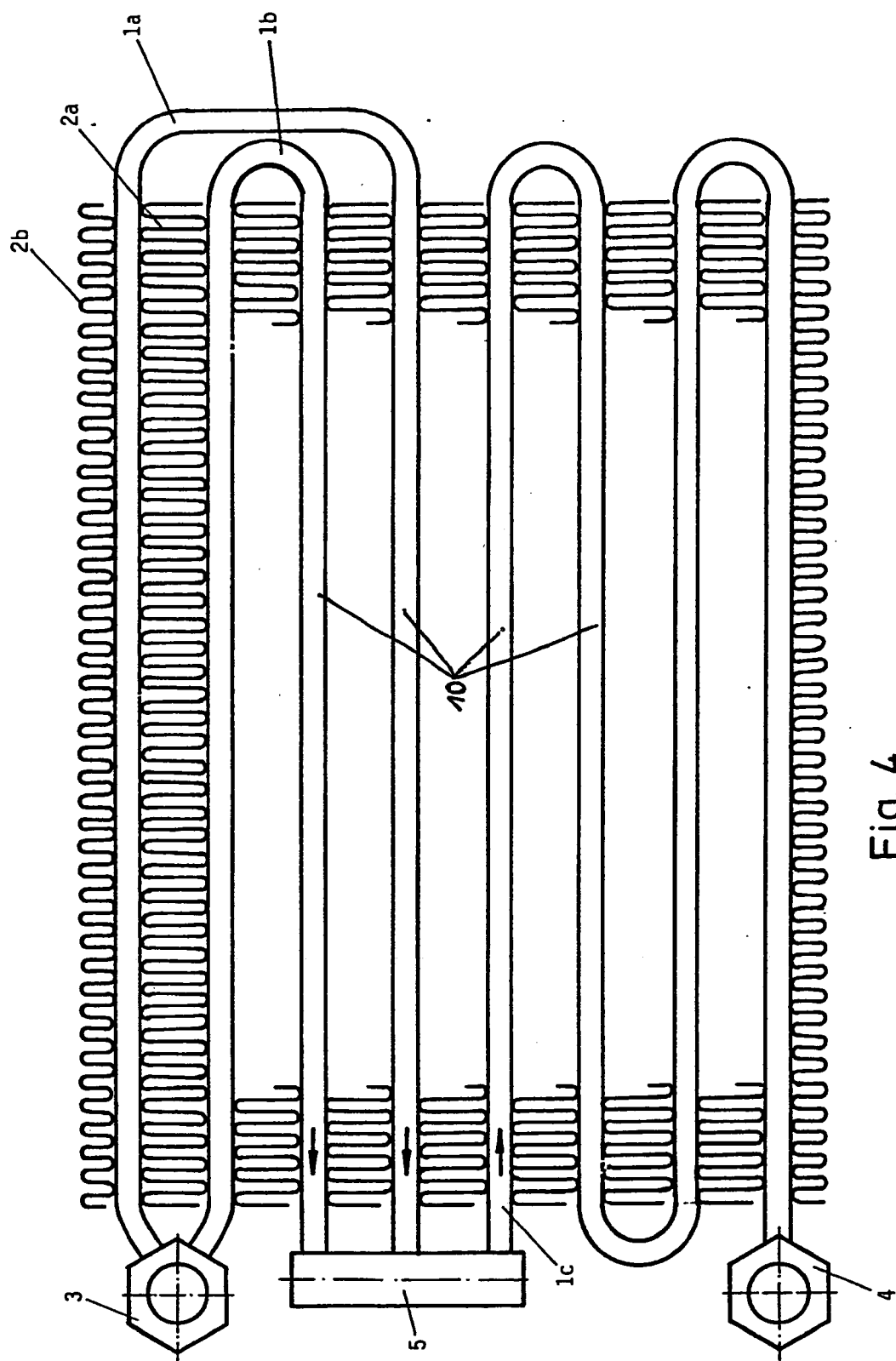


Fig. 4

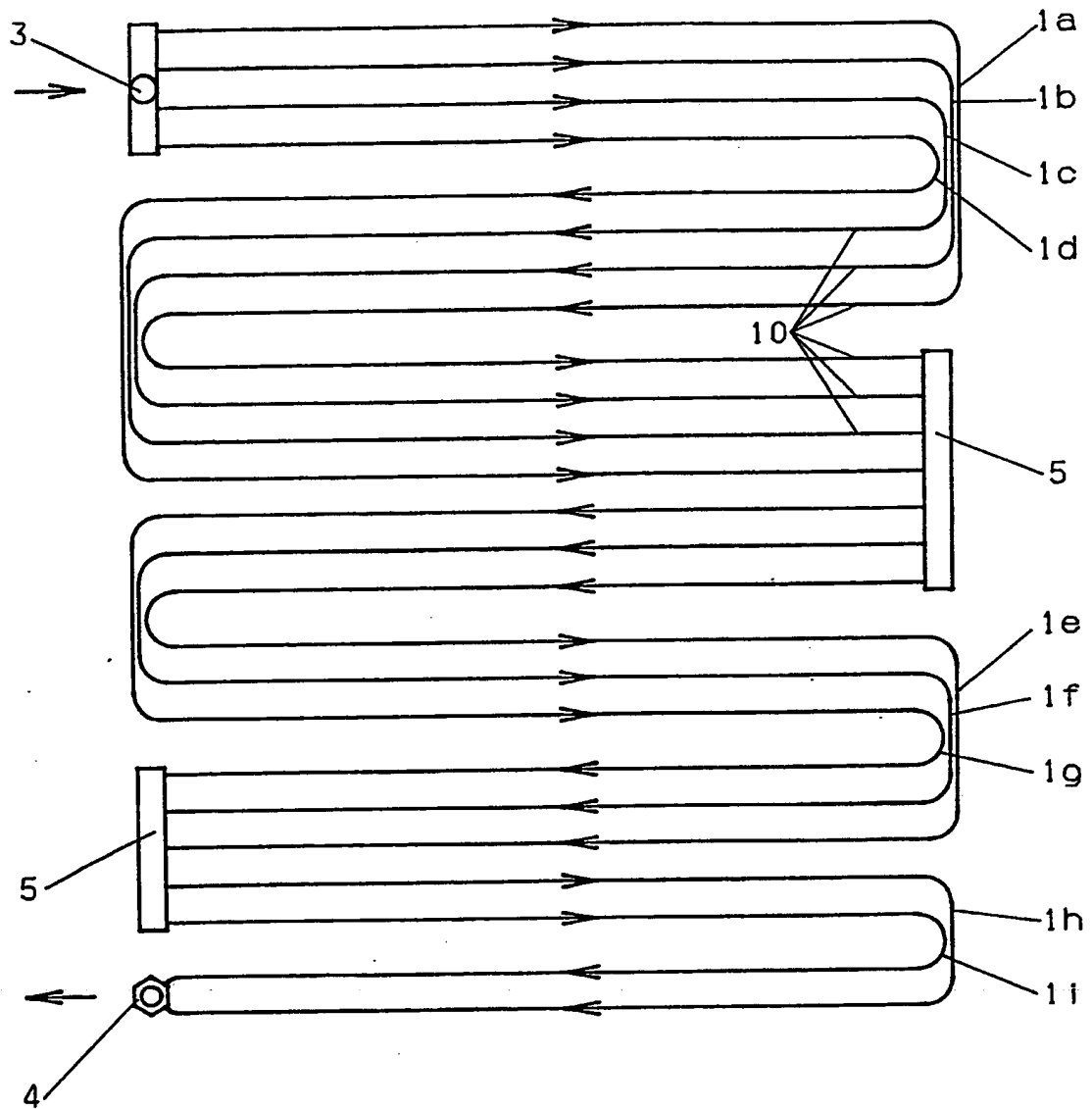


Fig. 5

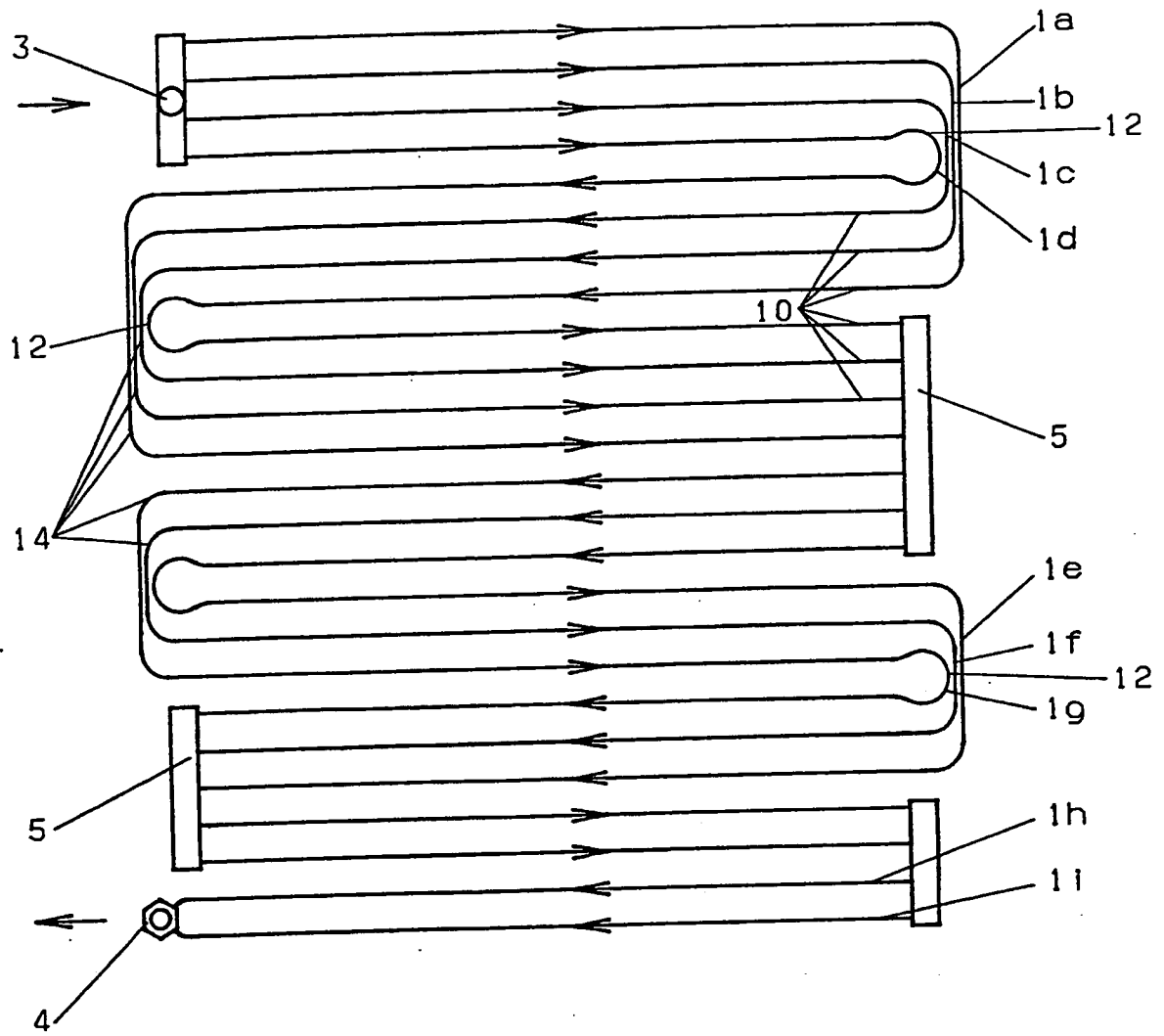


Fig. 6

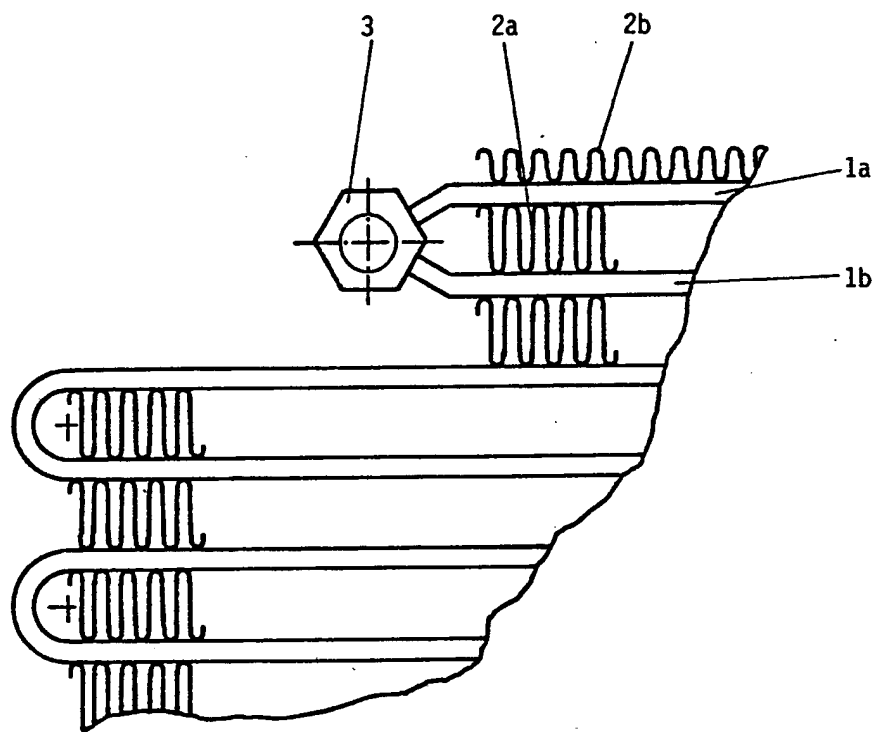


Fig. 7

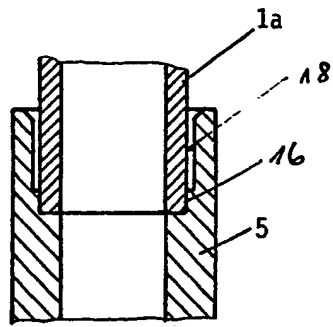


Fig. 8a

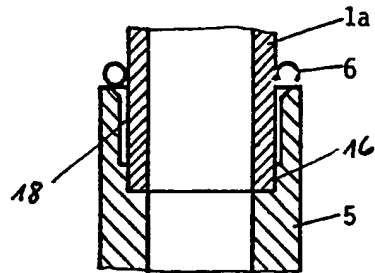


Fig. 8b

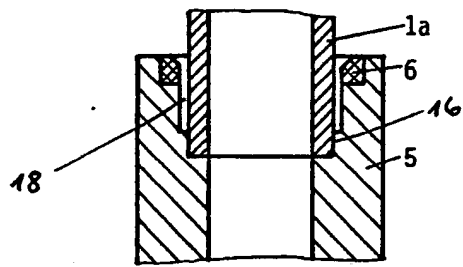


Fig. 8c

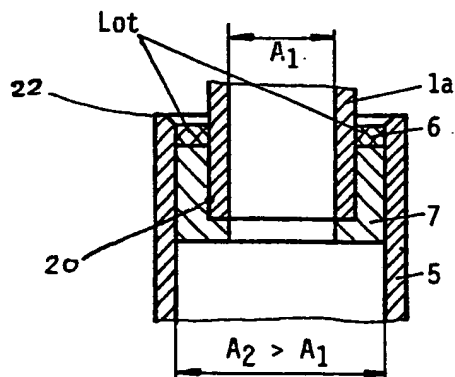


Fig. 3a

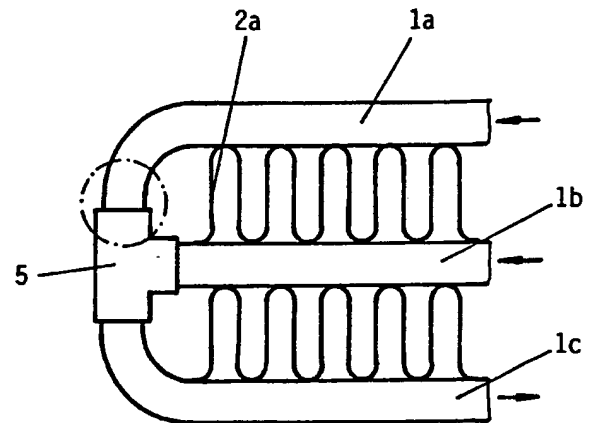


Fig. 3

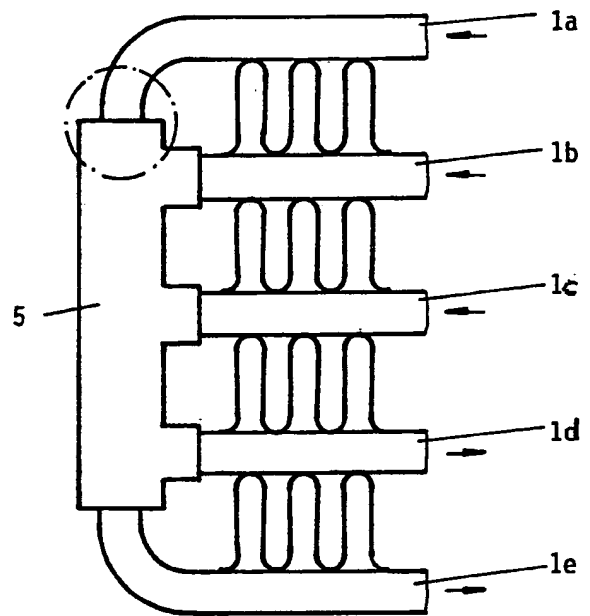


Fig. 3

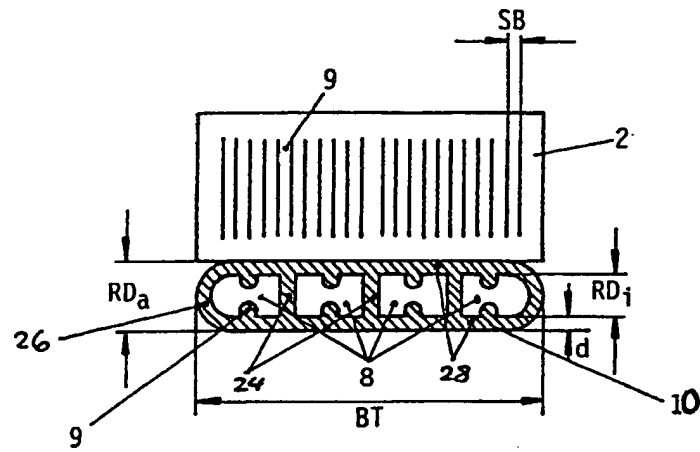


Fig. 10

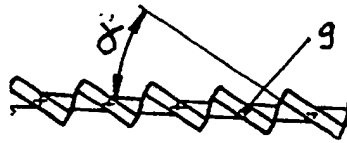


Fig. 11

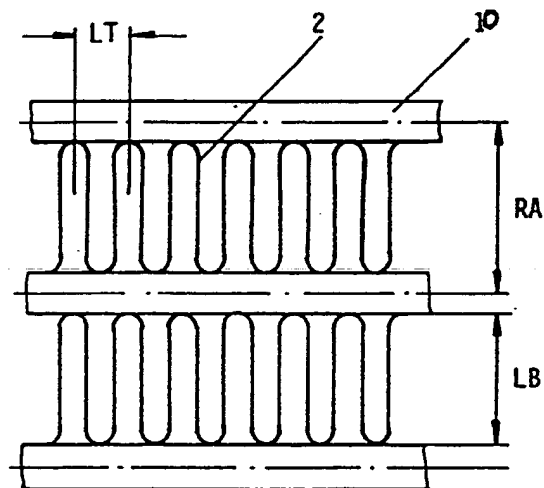


Fig. 12

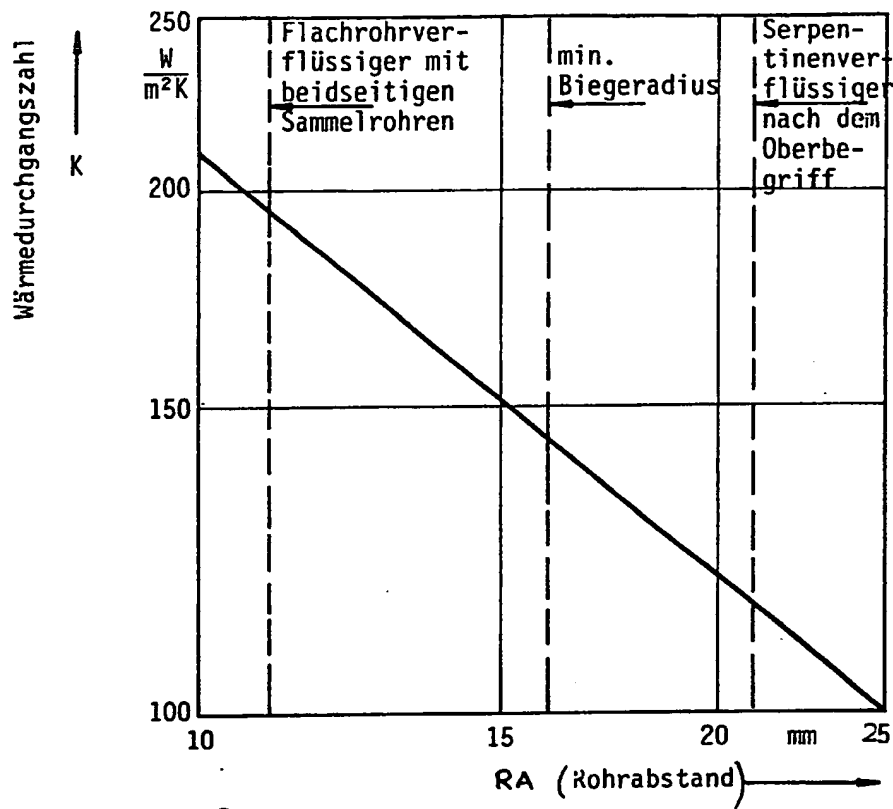


Fig. 13

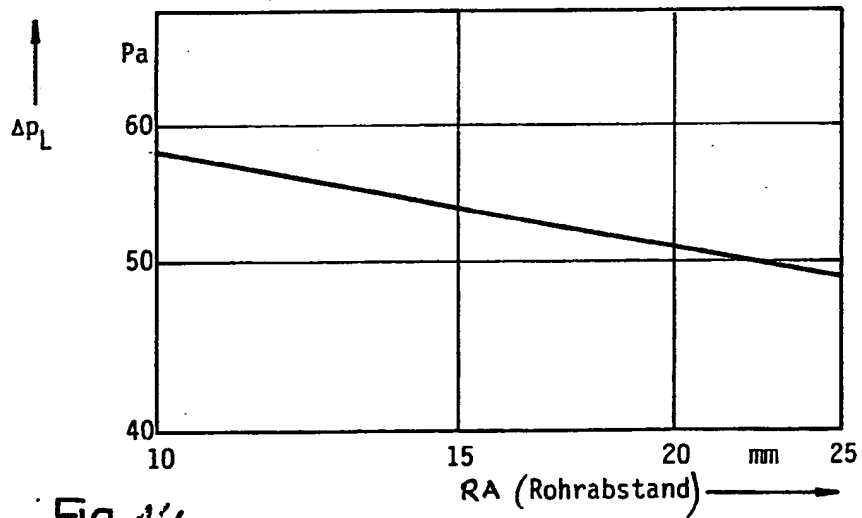


Fig. 14

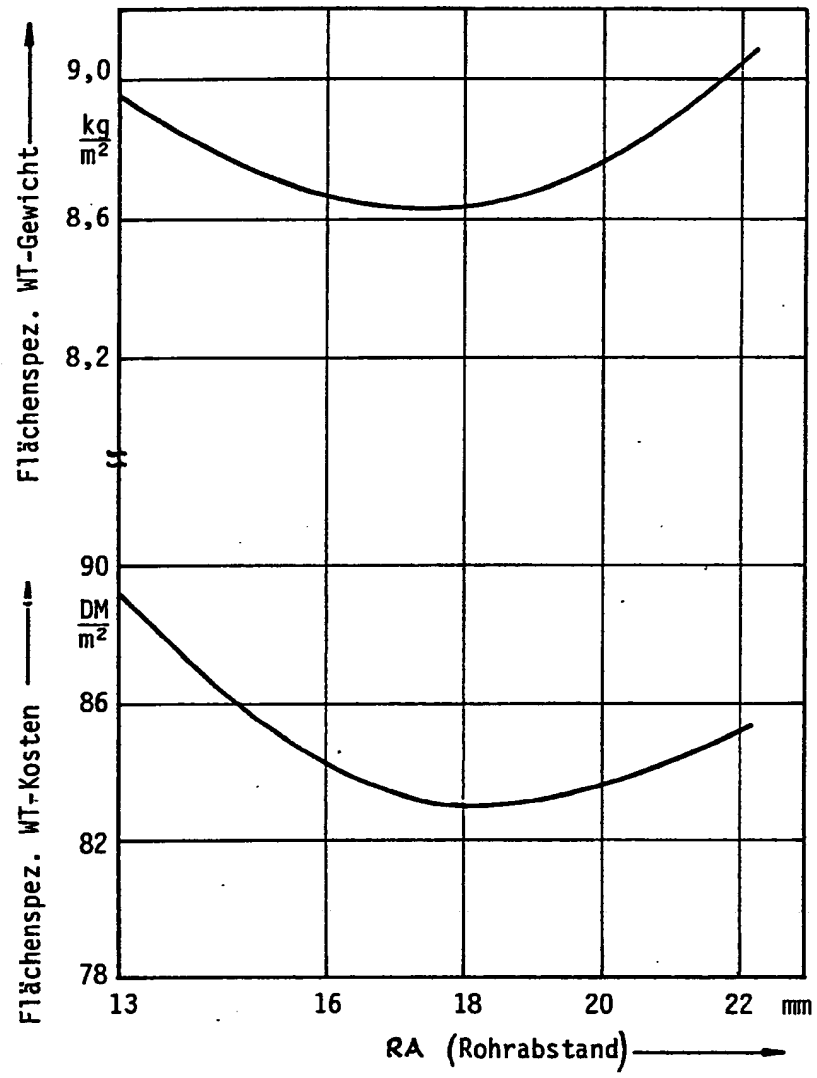


Fig. 15

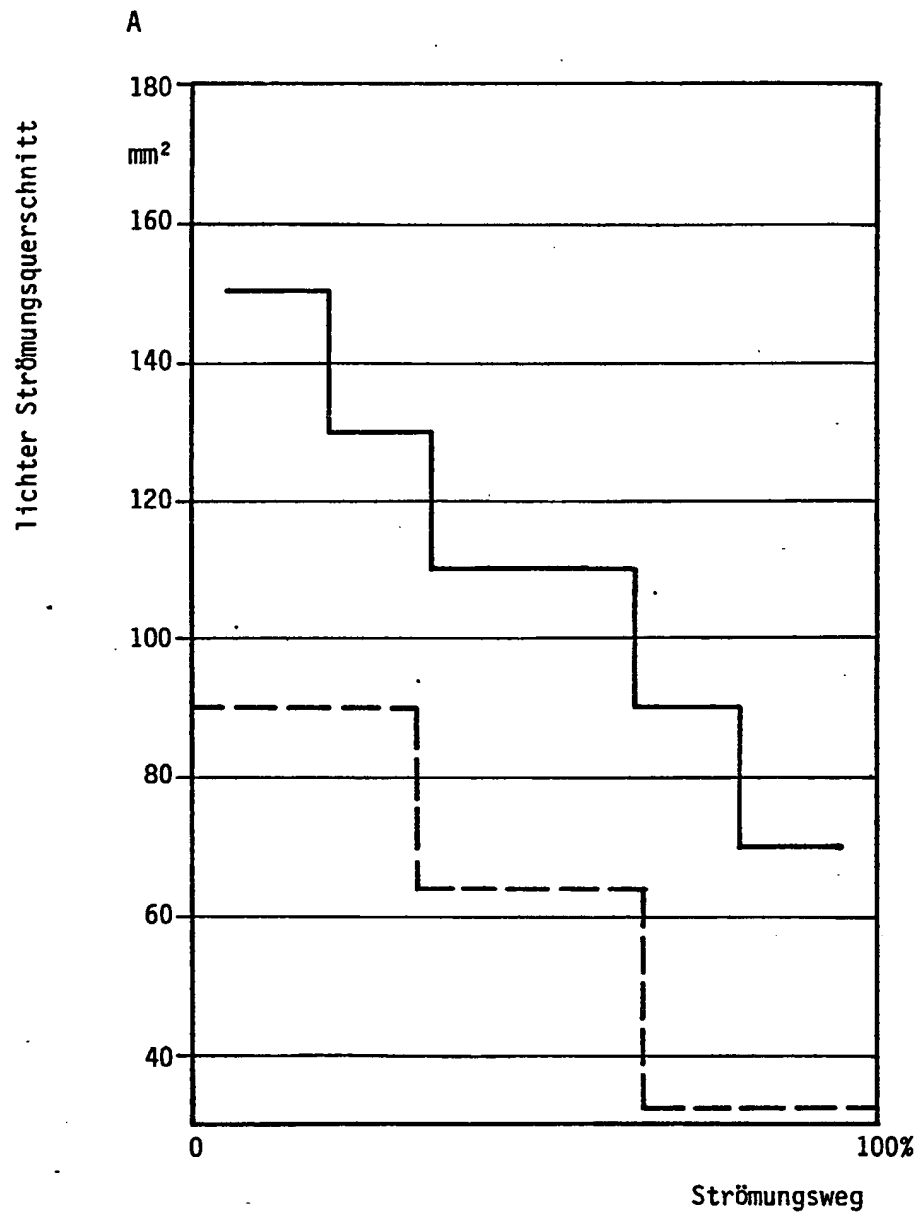
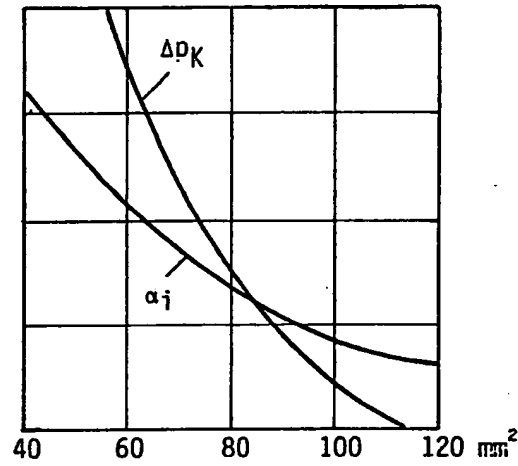


Fig. 6

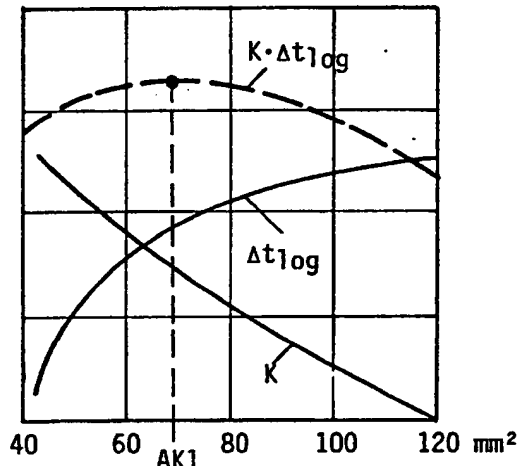
Fig.17

Spez. Verflüssigerleistung $k \cdot \Delta t_{\log}$ Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i



Kältemittelseitiger Druckverlust Δp_K

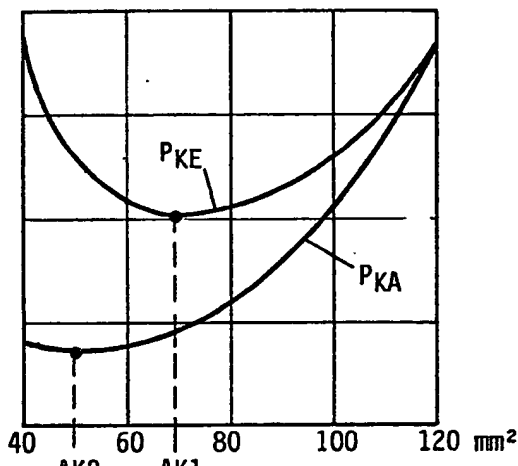
Fig.18



log. Temperaturdifferenz Δt_{\log}
Wärmedurchgangszahl k

Fig.19

Verflüssigungsdruck



Strömungsquerschnitt

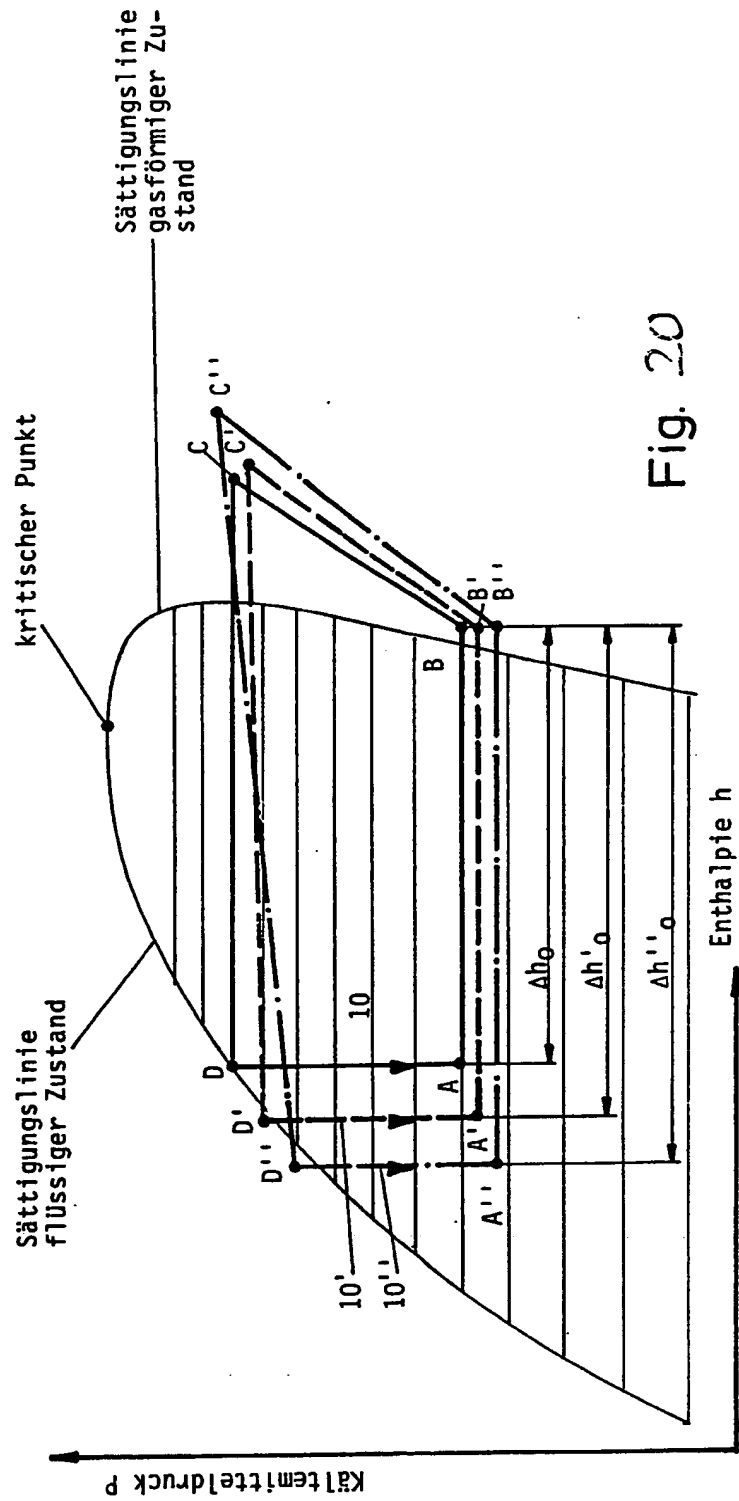


Fig. 20

PUB-NO: EP000374895A2

DOCUMENT-IDENTIFIER: EP 374895 A2

TITLE: Refrigerant condenser for a vehicle air
conditioning unit.

PUBN-DATE: June 27, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HAUSSMANN, ROLAND DIPL-ING

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

THERMAL WAERME KAELE KLIMA

COUNTRY

DE

APPL-NO: EP89123579

APPL-DATE: December 20, 1989

PRIORITY-DATA: DE03843305A (December 22, 1988)

INT-CL (IPC): F25B039/04, F28D001/047 , F28F001/38 , F28F009/18

EUR-CL (EPC): F25B039/04 ; F28F001/38, F28F009/18 , F28D001/047

US-CL-CURRENT: 62/239, 62/509 , 165/110 , 165/150

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> The invention relates to a refrigerant condenser for a vehicle air-conditioning unit, in which the refrigerant is conducted through flat pipes (10) subdivided into a plurality of channels and, in the crossstream in respect of the latter, through laminas (2a, 2b) folded in a zig-zag or wave shape along the ambient air, said laminas being arranged in a heat-conducting manner in each case between two adjacent flat pipes,

a

plurality of flat pipes are continuous in the form of a serpentine-shaped pipe coil (1a, 1b) and two pipe coils (1a, 1b) are provided. According to the invention it is provided that the two or three pipe coils (1a, 1b), ..., or more up to a maximum of six, belong to the same refrigerant circulation in a parallel circuit and are arranged interleaved into one another.
<IMAGE>

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.